



177 04

COMISION NACIONAL DE ENERGIA ELECTRICA

4ª avenida 15-70 zona 10, Edificio Paladium, nivel 12, Guatemala, C.A.

Tel. PBX: (502) 2321-8000; Fax: (502) 2321-8002

Sitio web : www.cnee.gob.gt; e-mail: cnee@cnee.gob.gt

CÉDULA DE NOTIFICACIÓN

En la Ciudad de Guatemala, siendo las 09 horas con 15 minutos del día **veintiocho de noviembre de dos mil doce**, en **10a. avenida 14-14 zona 14**, NOTIFIQUÉ la resolución **CNEE-266-2012** de fecha **veintisiete de noviembre de dos mil doce**, dictada por la COMISIÓN NACIONAL DE ENERGÍA ELÉCTRICA, a **Distribuidora de Electricidad de Occidente, Sociedad Anónima**, por medio de cédula de notificación que entrego a ELSA MEJIA, quien de enterado

SI () - NO () firma. DOY FE.

28 NOV 2012

Recibe: ELSA Hora: 9:15



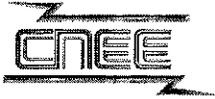
COMISION NACIONAL DE ENERGIA ELECTRICA
Procurador - Notificador

(f) Notificado

Osvaldo Palma
(f) Notificador

Doc.: CNEE-266-2012

Exp.: GTP-12-12



COMISION NACIONAL DE ENERGIA ELECTRICA

4ª avenida 15-70 zona 10, Edificio Paladium, nivel 12, Guatemala, C.A.

Tel. PBX: (502) 2321-8000; Fax: (502) 2321-8002

Sitio web : www.cnee.gob.gt; e-mail: cnee@cnee.gob.gt

CÉDULA DE NOTIFICACIÓN

En la Ciudad de Guatemala, siendo las 09 horas con 16 minutos del día **veintiocho de noviembre de dos mil doce**, en **10a. avenida 14-14 zona 14**, NOTIFIQUÉ la resolución **CNEE-266-2012** de fecha **veintisiete de noviembre de dos mil doce**, dictada por la COMISIÓN NACIONAL DE ENERGÍA ELÉCTRICA, a **Distribuidora de Electricidad de Oriente, Sociedad Anónima**, por medio de cédula de notificación que entrego a ELISA MEJIA, quien de enterado

SI () - NO () firma. DOY FE.

Gerencia de Regulación

28 NOV 2012

Recibe: Elisa Hora: 9:16



COMISION NACIONAL DE ENERGIA ELECTRICA
Procurador - Notificador

(f) Notificado

Osvaldo Palma
(f) Notificador

Doc.: CNEE-266-2012

Exp.: GTP-12-12

1177 DK



COMISION NACIONAL DE ENERGIA ELECTRICA

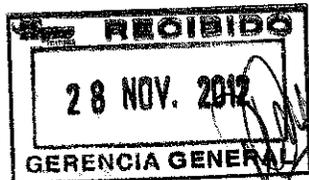
4ª avenida 15-70 zona 10, Edificio Paladium, nivel 12, Guatemala, C.A.

Tel. PBX: (502) 2321-8000; Fax: (502) 2321-8002

Sitio web : www.cnee.gob.gt; e-mail: cnee@cnee.gob.gt

CÉDULA DE NOTIFICACIÓN

En la Ciudad de Guatemala, siendo las 08 horas con 30 minutos del día **veintiocho de noviembre de dos mil doce**, en **6a. avenida 8-14 zona 1**, NOTIFIQUÉ la resolución **CNEE-266-2012** de fecha **veintisiete de noviembre de dos mil doce**, dictada por la COMISIÓN NACIONAL DE ENERGÍA ELÉCTRICA, a **Empresa Eléctrica de Guatemala, Sociedad Anónima**, por medio de cédula de notificación que entrego a Patricia DE QUIROZ, quien de enterado SI () – NO () firma. DOY FE.



COMISION NACIONAL DE ENERGIA ELECTRICA
Procurador - Notificador

Osario Palma

(f) Notificado

(f) Notificador

Doc.: CNEE-266-2012

Exp.: GTP-12-12



COMISION NACIONAL DE ENERGIA ELECTRICA

4º. AV. 15-70 ZONA 10, EDIFICIO PALADIUM NIVEL 12, GUATEMALA, C.A. 01010
TEL. PBX. (502) 2321-8000 E-mail: cnee@cnee.gob.gt FAX (502) 2321-8002

RESOLUCIÓN CNEE-266-2012

Guatemala, 27 de noviembre de 2012

LA COMISIÓN NACIONAL DE ENERGÍA ELÉCTRICA

CONSIDERANDO:

Que el Artículo 4 del Decreto número 93-96 del Congreso de la República, Ley General de Electricidad, establece que, entre otras, es función de la Comisión Nacional de Energía Eléctrica, cumplir y hacer cumplir dicha ley sus reglamentos, en materia de su competencia; velar por el cumplimiento de las obligaciones de los adjudicatarios y concesionarios, proteger los derechos de los usuarios y prevenir conductas atentatorias contra la libre competencia; así como emitir las normas técnicas relativas al subsector eléctrico.

CONSIDERANDO:

Que en el contexto del Proceso de Licitación Abierta PEG-2-2012, con fecha veintiséis de noviembre del año en curso, la Junta de Licitación remitió a esta Comisión el Informe que contiene la calificación de las ofertas económicas, incorporando al expediente GTP-12-12, el respectivo dictamen que contiene el sustento de la calificación de adjudicación y no adjudicación, por lo que la Comisión Nacional de Energía Eléctrica, conforme al numeral 5.3.2 de las Bases de Licitación, debe aprobar o improbar el informe remitido junto con el dictamen elaborado por la Junta de Licitación que contiene la calificación en forma definitiva de las Ofertas Económicas, previa adjudicación dentro del presente proceso.

CONSIDERANDO:

Que en el dictamen elaborado por la Junta de Licitación, se establece que los datos técnicos y económicos de las ofertas presentadas fueron ingresados al modelo de evaluación económica elaborado para este propósito, el cual consiste en el "Proyecto de programación mixta que incluye variables enteras y reales", diseñado por la entidad Quantum America Corp., contratada por la Junta para ese fin. Asimismo, la entidad Quantum America Corp., estipuló: a) que el resultado del modelo cumple con la totalidad de las restricciones y los objetivos de esta licitación (precios competitivos y diversificación de la matriz eléctrica), y b) que las ofertas seleccionadas por el modelo cumplen con las cuotas mínimas y máximas de contratación por tecnología y combustible.

CONSIDERANDO:

Que con fecha veintisiete de noviembre del año en curso la División de Proyectos Estratégicos de la Comisión Nacional de Energía Eléctrica, emitió dictamen identificado como GTP-Dictamen-236, en el cual se concluye que la Junta de Licitación ha cumplido con el procedimiento establecido en las Bases de Licitación, en cuanto a la recepción y calificación de las ofertas, mismas que se analizaron junto con el dictamen emitido por dicha Junta, determinando el cumplimiento también del procedimiento y del Instructivo de Aplicación de la Oferta Virtual, así como la aplicación correcta del modelo de evaluación económica, para la asignación de las cuotas mínimas y máximas de contratación por tecnología y combustible; y que dicha adjudicación y no adjudicación contenida en el dictamen elaborado por la Junta de Licitación, están conforme al procedimiento preestablecido, recomendando la aprobación del informe emitido por la Junta de Licitación, nombrada dentro del proceso de Licitación Abierta PEG-2-2012.

CONSIDERANDO:

Que con fecha veintisiete de noviembre de dos mil doce, la Gerencia Jurídica de esta Comisión, emitió el dictamen identificado como GJ-Dictamen-5941, por medio del cual se



COMISION NACIONAL DE ENERGIA ELECTRICA

4ª. AV. 15-70 ZONA 10, EDIFICIO PALADIUM NIVEL 12, GUATEMALA, C.A. 01010
TEL. PBX. (502) 2321-8000 E-mail: cnee@cnee.gob.gt FAX (502) 2321-8002

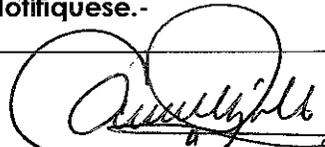
determina que dentro del Proceso de Licitación Abierta PEG-2-2012, existe la fase de aprobación o improbación, por parte de la Comisión Nacional de Energía Eléctrica, del informe con el dictamen realizado por la Junta de Licitación, mismo que luego del análisis técnico y jurídico correspondiente, cumple con el objetivo de diversificar la matriz eléctrica y adjudicar la cantidad de potencia y energía eléctrica, con la finalidad de obtener precios de suministro en beneficio de las tarifas de los usuarios del servicio de distribución final de las distribuidoras, por lo que corresponde su aprobación.

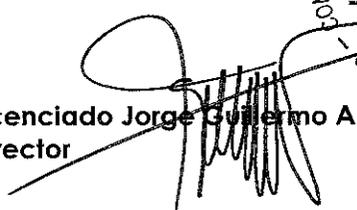
POR TANTO:

La Comisión Nacional de Energía Eléctrica, en ejercicio de las funciones que le confiere el Artículo 4 de la Ley General de Electricidad, Decreto número 93-96, del Congreso de la República y con base en lo considerado,

RESUELVE:

- I. Aprobar el informe elaborado por la Junta de Licitación, nombrada dentro del Proceso de Licitación Abierta PEG-2-2012, remitido a esta Comisión con fecha 26 de noviembre de dos mil doce, y su respectivo dictamen que contiene el sustento de la calificación de las ofertas, realizado por la referida Junta de Licitación, el cual se adjunta como anexo a la presente resolución.
- II. Conforme al procedimiento establecido en las Bases de Licitación Abierta PEG-2-2012, las Distribuidoras deben emitir la comunicación de la decisión tomada por la Junta de Licitación a los oferentes, notificándoles oficialmente el resultado de la decisión tomada por la Junta de Licitación para la adjudicación y suscripción del o los contratos y dar por finalizado el presente proceso de Licitación Abierta PEG-2-2012; debiendo publicar, después de la notificación, en la página web www.peg2-2012.com.gt el Dictamen de evaluación de las Ofertas Económicas y Adjudicación, de la Junta de Licitación PEG-2-2012; el Informe de Evaluación de Ofertas de compra de energía y potencia para el período Mayo 2015 - Abril 2030 y la presente resolución.
- III. Las Distribuidoras, deberán remitir a la Comisión Nacional de Energía Eléctrica, copia legalizada y magnética del o los contratos de abastecimiento suscritos con los adjudicados dentro del plazo de quince (15) días de firmados los mismos, conforme a lo establecido en el numeral romano X de la resolución CNEE-82-2012.
- IV. **Notifíquese.-**


Licenciada Carmen Urizar Hernández
Presidente


Licenciado Jorge Guillermo Aráuz Aguilar
Director


Licenciada Silvia Ruth Alvarado Silva de Córdoba
Directora


Licenciado Juan Rafael Sánchez Cortés
Secretario General

20209



PEG 2-2012

01-ZZ-PEG02-2012

Guatemala, 24 de noviembre de 2012

Lic. Carmen Urizar Hernández
Presidente
Lic. Silvia Alvarado de Córdova
Lic. Jorge Guillermo Arauz Aguilar
Comisión Nacional de Energía Eléctrica



Estimados Directores:

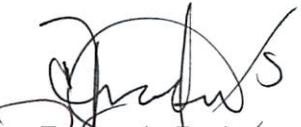
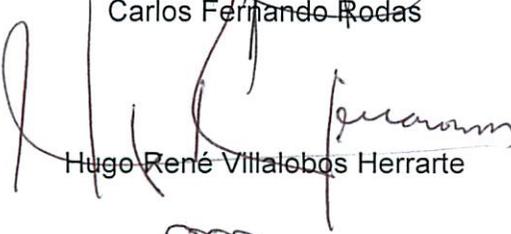
Para dar cumplimiento al punto 5.3.2 de las Bases de Licitación Abierta PEG 2-2012 y para su aprobación, remitimos el Dictamen de Evaluación de las Ofertas Económicas y Adjudicación de fecha 24 de noviembre de 2012 que adjunta un anexo, así como copia electrónica de este último.

Sin otro particular, atentamente,

Junta de Licitación PEG-2-2012

Junta de Licitación

PEG-2-2012

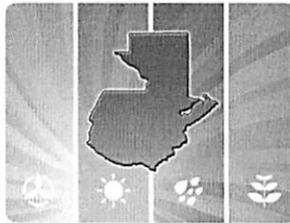

Carlos Fernando Rodas

Hugo René Villalobos Herrarte

Luis Fernando Sánchez Fuentes


Dimas Alfredo Carranza Barrera

Jorge Mario Colindres Sandoval

Rafael Briz Méndez



PEG 2-2012

Dictamen de Evaluación de las Ofertas Económicas y Adjudicación Junta de Licitación PEG-2-2012

I. Antecedentes:

El viernes 23 de noviembre de 2012, la Junta de Licitación celebró en acto público la apertura de nueve (9) Ofertas Virtuales y las Ofertas Económicas de cincuenta y siete (57) centrales, presentadas por cuarenta y dos (42) Oferentes, dentro del proceso de Licitación PEG-2-2012 y se obtuvieron los resultados siguientes:

A. Ofertas Virtuales:

1. Generación con tecnología no renovable con uso de combustible **Gas Natural**, ciento treinta y cinco punto ochenta dólares de los Estados Unidos de América por megavatio hora (135.80 US\$/MWh);
2. Generación con tecnología no renovable con uso de combustible **Bunker**, doscientos veintiuno punto ochenta dólares por megavatio hora (221.80 US\$/MWh);
3. Generación con tecnología no renovable con uso de combustible **Carbón**: ciento once punto noventa dólares de los Estados Unidos de América por Megavatio hora (111.90 US\$/MWh);
4. Generación con tecnología renovable **Biomasa**: ciento veinticuatro punto cincuenta dólares de los Estados Unidos de América por Megavatio hora (124.50 US\$/MWh);
5. Generación con tecnología renovable **Hidráulica**, ciento treinta y uno punto cuarenta dólares de los Estados Unidos de América por Megavatio hora (131.40 US\$/MWh);
6. Generación con tecnología renovable **Eólica**, ciento treinta y seis punto cincuenta dólares de los Estados Unidos de América por Megavatio hora (136.50 US\$/MWh);
7. Generación con tecnología renovable **Solar**, doscientos tres punto noventa dólares de los Estados Unidos de América por Megavatio hora (203.90 US\$/MWh);
8. Generación con tecnología generación **mixta: biomasa-carbón**: para el combustible **carbón** ciento once punto noventa dólares de los Estados Unidos de América por Megavatio hora (111.90 US\$/MWh) y para el combustible **biomasa** noventa y cuatro punto ochenta dólares de los Estados Unidos de América por Megavatio hora (94.80 US\$/MWh);
9. Generación de centrales de Hidráulicas de **Generación Distribuida Renovable**, ciento veinticinco dólares de los Estados Unidos de América por megavatio hora (US\$125.00 MWh).

78

Handwritten signature

Handwritten signature

Handwritten signature

No se entraron a conocer las Ofertas Virtuales de Geotermia y Biomasa/Bunker al no haberse recibido ofertas de este tipo de combustible.

Se hace constar que SE RECHAZA la Oferta Económica presentada por Hidroeléctrica Secacao, Sociedad Anónima, por superar el Costo Unitario de Operación y Mantenimiento (OyM) al diez por ciento (10%) del valor del precio de la energía ofrecido, según lo requieren las Bases de Licitación en su numeral 4.2.3.

Generadora	Planta	Tecnología	Contrato	Observación	Potencia en MW
Hidroeléctrica Secacao, Sociedad Anónima	Secacao	Renovable	DCC	Rechaza	14

B. Ofertas Económicas que superaron la Oferta Virtual.

El 23 de noviembre de 2012, luego de conocer los valores de precio de las Ofertas Virtuales identificadas en la literal anterior, se procedió, ante la presencia de los Oferentes, a la evaluación de los precios monómicos de los cuarenta y dos (42) Oferentes, que ofertaron cincuenta y siete (57) centrales, conforme al procedimiento establecido en la resolución CNEE-212-2012, de fecha 25 de septiembre del 2012, que contiene el Instructivo de Aplicación de la Oferta Virtual y la resolución CNEE-222-2012 de fecha 18 de octubre del 2012 que contiene la modificación al citado instructivo.

De lo anterior se tuvo como resultado, que las siguientes Ofertas Económicas, superaron el precio de la Oferta Virtual que les era aplicable conforme al combustible o tecnología ofertada.

Oferente	Central	Tecnología	Contrato	Estatus frente a Oferta Virtual	PG en MW
La Electricidad de Los Altos, Sociedad Anónima	C1 Santa Lucía	No Renovable	OCE	Superior a OV	50
Consorcio Magdalena Biomass	Biomass Bloque 6	Mixta	OCE	Superior a OV	35
Consorcio Magdalena Biomass	Biomass Bloque 7	No Renovable	OCE	Superior a OV	50
Consorcio Magdalena Biomass	Biomass Bloque 8	Mixta	OCE	Superior a OV	35
Consorcio Magdalena Biomass	Biomass Bloque 9	No Renovable	OCE	Superior a OV	50
Tecno Power, Sociedad Anónima,	Tecnopower	No Renovable	OCE	Superior a OV	30
Pantaleón, Sociedad Anónima	Pantaleón Bloque 3	Mixta	DCC	Superior a OV	30
Compañía Eléctrica Santa Ana, Sociedad Anónima	Santa Ana	Mixta	DCC	Superior a OV	50
Esi, Sociedad Anónima	Costa Sur	No Renovable	OCE	Superior a OV	30
Generadora Eléctrica del Norte; Limitada	Genor2	No Renovable	OCE	Superior a OV	80

En virtud de lo anterior, la Junta de Licitación no entrará a calificar ni considerar las Ofertas Económicas antes listadas en el modelo de evaluación económica, al contener precios superiores a la Oferta Virtual definida por la CNEE.

C. Ofertas Económicas que no superaron la Oferta Virtual.

A continuación se listan las 46 centrales cuyas Ofertas Económicas no fueron superiores a la Oferta Virtual, conforme a lo establecido en el Instructivo de Aplicación de la Oferta Virtual y, por lo tanto, entrarán a formar parte de la optimización de la Oferta Económica descrita en el numeral 5.3.2. de las Bases de Licitación.

#	Clave	Oferente	Planta	Tecnología	Contrato	Potencia
1.	2 (H) ELG	Energía Limpia de Guatemala, Sociedad Anónima	Hidro Xacbal Delta	Renovable	DCC	42.00
2.	3 (E) TRESA C1	Transmisión de Electricidad, Sociedad Anónima	Las Cumbres	Renovable	EGEN	No aplica
3.	3 (E) TRESA C2	Transmisión de Electricidad, Sociedad Anónima	Las Colinas	Renovable	EGEN	No aplica
4.	4 (GDR) AGEN	Agen, Sociedad Anónima	San Rafael	Renovable Distribuida	EGEN	No aplica
5.	5 (GDR) San Luis	Hidroeléctrica San Luis, Sociedad Anónima	San Luis	Renovable Distribuida	EGEN	No aplica
6.	6 (H) San Mateo	Generadora San Mateo, Sociedad Anónima	Pojom San Mateo	Renovable	DCC	18.50
7.	7 (H) San Andrés	Generadora San Andrés, Sociedad Anónima	CH Yalhuitz Generadora San Andrés	Renovable	DCC	6.75
8.	8 (B) Magdalena C5	Consortio Magdalena Biomass	Biomass Bloque 6A	Renovable	DCC	16.00
9.	9 (S) Greenergyze	Greenergyze, Sociedad Anónima	Suna	Renovable Distribuida	EGEN	No aplica
10.	10 (GDR) Las Victorias C1	Generadora Eléctrica Las Victorias, Sociedad Anónima	Las Victorias	Renovable Distribuida	EGEN	No aplica
11.	10 (GDR) Las Victorias C2	Generadora Eléctrica Las Victorias, Sociedad Anónima	La Paz	Renovable Distribuida	EGEN	No aplica
12.	11 (GDR) El Prado	Generadora de Energía El Prado, Sociedad Anónima	El Prado	Renovable Distribuida	EGEN	No aplica
13.	12 (GDR) Serv en Generación	Servicios en Generación Sociedad Anónima	Santa Elena	Renovable Distribuida	EGEN	No aplica
14.	13 (GDR) Oscana	Oscana, Sociedad Anónima	Las Margaritas Fase II	Renovable Distribuida	EGEN	No aplica
15.	14 (GDR) Samuc	Hidroeléctrica Samuc, Sociedad Anónima	Samuc Fase II	Renovable Distribuida	EGEN	No aplica
16.	15 (S) Bonasort	Bonasort, Sociedad Anónima	Alba	Renovable Distribuida	EGEN	No aplica
17.	16 (S) Fortunatos	Grupo Fortunatos, Sociedad Anónima	Kalinda	Renovable Distribuida	EGEN	No aplica
18.	17 (H) Inver Agri	Inversiones Agrícolas Diversificadas	El Volcán	Renovable	DCC	8.12
19.	18 (S) Arzua	Arzúa, Sociedad Anónima	Do Sol	Renovable Distribuida	EGEN	No aplica
20.	19 (GDR) El Cedro C1	Agroforestal El Cedro, Sociedad Anónima	Hidosan 1	Renovable Distribuida	EGEN	No aplica
21.	19 (GDR) El Cedro C2	Agroforestal El Cedro, Sociedad Anónima	Hidosan 2	Renovable Distribuida	EGEN	No aplica

22.	19 (GDR) El Cedro C3	Agroforestal El Cedro, Sociedad Anónima	Hidrocon	Renovable Distribuida	EGEN	No aplica
23.	20 (GDR) Coralito	Coralito, Sociedad Anónima	Coralito	Renovable Distribuida	EGEN	No aplica
24.	21 (GDR) Maxanal	Hidroeléctrica Maxanal, Sociedad Anónima	Maxanal	Renovable Distribuida	EGEN	No aplica
25.	22 (S) Sibó	Sibó, Sociedad Anónima	Sibó solar	Renovable Distribuida	EGEN	No aplica
26.	23 (GDR) Regional C1	Regional Energética, Sociedad Anónima	El Libertador	Renovable Distribuida	EGEN	No aplica
27.	23 (GDR) Regional C2	Regional Energética, Sociedad Anónima	El Panal	Renovable Distribuida	EGEN	No aplica
28.	26 (H) Renace C1	Recursos Naturales y Celulosas, Sociedad Anónima	Renace I	Renovable	DCC	20.00
29.	26 (H) Renace C2	Recursos Naturales y Celulosas, Sociedad Anónima	Renacell Fase I	Renovable	DCC	90.00
30.	26 (H) Renace C3	Recursos Naturales y Celulosas, Sociedad Anónima	Renacell Fase 2	Renovable	DCC	40.00
31.	27 (H) Polochic	Agro Comercializadora Del Polochic, Sociedad Anónima	Santa Teresa	Renovable	DCC	10.00
32.	29 (GDR) Proyectos	Proyectos Sostenibles de Guatemala, Sociedad Anónima	Proyectos Sostenibles de Guatemala	Renovable Distribuida	EGEN	No aplica
33.	31 (H) Pasabién	Inversiones Pasabién, Sociedad Anónima	Pasabién	Renovable	DCC	9.79
34.	32 (B) Grupo Generador	Grupo Generador de Oriente, Sociedad Anónima	Genosa	No Renovable	OCE	20.00
35.	33 (GDR) Sol del Campo	Consorcio Integrado por "Agropecuaria Popoyán, Sociedad Anónima y Sol Del Campo, Sociedad Anónima	Las Uvitas	Renovable Distribuida	EGEN	No aplica
36.	34 (GDR) Arimany	Aguilar, Arimany, Asociados Consultores, Sociedad Anónima	Pacayas	Renovable Distribuida	EGEN	No aplica
37.	35 (GDR) Hidrosacpur C1	Hidrosacpur, Sociedad Anónima	La Perla	Renovable Distribuida	EGEN	No aplica
38.	35 (H) Hidrosacpur C2	Hidrosacpur, Sociedad Anónima	El Cafetal	Renovable	DCC	6.00
39.	36 (E) Viento Blanco	Viento Blanco, Sociedad Anónima	Viento Blanco Wind Power Plant	Renovable	EGEN	No aplica
40.	37 (GN) Caribe	Energía del Caribe, Sociedad Anónima	Energía del Caribe MIER-Mexico	No Renovable	OCE	120.00
41.	39 (E) San Antonio	Eólico San Antonio El Sitio, Sociedad Anónima	San Antonio El Sitio	Renovable	EGEN	No aplica
42.	40 (H) GNacional C1	Generadora Nacional, Sociedad Anónima	Oxec II	Renovable	DCC	14.00
43.	40 (GDR) GNacional C2	Generadora Nacional, Sociedad Anónima	Visión del Águila	Renovable Distribuida	EGEN	No aplica
44.	40 (GDR) GNacional C3	Generadora Nacional, Sociedad Anónima	Raaxha	Renovable Distribuida	EGEN	No aplica
45.	41(B) Genor C1	Generadora Eléctrica Del Norte, Limitada	Genor1	No Renovable	OCE	20.00
46.	42 (S) Rainbow	The Rainbow Energy Corp.	Rainbow50	Renovable	EGEN	No aplica

II. Del objeto del presente dictamen:

El presente dictamen responde al apartado 5.3.2 "Evaluación de las Ofertas Económicas y Adjudicación" de las Bases de Licitación PEG-2-2012, que dispone que la Junta de Licitación debe efectuar una calificación definitiva de las Ofertas Económicas con el cual se obtenga el mínimo de costo de suministro, del cual se informará a la CNEE para su aprobación.

De esa cuenta, los datos obtenidos fueron sometidos al modelo de evaluación económica que dispone la Junta de Licitación, el cual consiste en el "Proyecto de programación mixta que incluye variables enteras y reales", elaborado por la entidad Quantum America Corp. (el "Modelo"), contratada por la Junta de Licitación para este fin. De los resultados de dicha Evaluación Económica se cuenta con un informe que se anexa al presente dictamen.

III. De los resultados

Los resultados de la aplicación del modelo, que recoge una a una de manera integral todas las restricciones de las Bases de Licitación, ofrecen un total de 40 centrales adjudicables que se presentan a continuación:

#	Clave ¹	Tipo Generación	Estado	PG (MW)
1.	22 (S) Sibó	Ren	Nueva	-
2.	39 (E) San Antonio	Ren	Nueva	-
3.	36 (E) Viento Blanco	Ren	Nueva	-
4.	42 (S) Rainbow	Ren	Nueva	-
5.	3 (E) TRESA C1	Ren	Nueva	-
6.	29 (GDR) Proyectos	Ren	Nueva	-
7.	40 (GDR) GNacional C2	Ren	Nueva	-
8.	40 (GDR) GNacional C3	Ren	Nueva	-
9.	23 (GDR) Regional C2	Ren	Nueva	-
10.	5 (GDR) San Luis	Ren	Nueva	-
11.	13 (GDR)Oscana	Ren	Nueva	-
12.	23 (GDR) Regional C1	Ren	Nueva	-
13.	20 (GDR) Coralito	Ren	Nueva	-
14.	21 (GDR) Maxanal	Ren	Nueva	-
15.	35 (GDR) Hidrosacpur C1	Ren	Nueva	-
16.	14 (GDR) Samuc	Ren	Nueva	-
17.	33 (GDR) Sol del Campo	Ren	Nueva	-
18.	19 (GDR) El Cedro C2	Ren	Nueva	-
19.	4 (GDR) AGEN	Ren	Nueva	-
20.	10 (GDR) Las Victorias C2	Ren	Nueva	-
21.	12 (GDR) Serv en Generación	Ren	Existente	-
22.	11 (GDR) El Prado	Ren	Existente	-
23.	10 (GDR) Las Victorias C1	Ren	Nueva	-
24.	34 (GDR) Arimany	Ren	Nueva	-
25.	19 (GDR) El Cedro C1	Ren	Nueva	-
26.	19 (GDR) El Cedro C3	Ren	Nueva	-
27.	35 (H) Hidrosacpur C2	Ren	Nueva	6.00
28.	7 (H) San Andres	Ren	Nueva	6.75

¹ La descripción "Clave" hace referencia a la forma en que se identificaron las centrales en el documento identificado como "Proyecto de programación mixta que incluye variables enteras y reales", elaborado por la entidad Quantum America Corp.

29.	17 (H) Inver Agri	Ren	Nueva	8.12
30.	31 (H) Pasabién	aRen	Existente	9.79
31.	27 (H) Polochic	Ren	Nueva	10.00
32.	40 (H) GNacional C1	Ren	Nueva	14.00
33.	8 (B) Magdalena C5	Ren	Nueva	16.00
34.	6 (H) San Mateo	Ren	Nueva	18.50
35.	32 (B) Grupo Generador	NoRen	Nueva	20.00
36.	26 (H) Renace C1	Ren	Existente	20.00
37.	26 (H) Renace C3	Ren	Nueva	40.00
38.	2 (H) ELG	Ren	Nueva	42.00
39.	26 (H) Renace C2	Ren	Nueva	90.00
40.	37 (GN) Caribe	NoRen	TransInter	120.00

De la tabla anterior debe de indicarse que las Ofertas numeradas del 1 al 26, inclusive, corresponden a centrales que han ofertado Contratos de Energía Generada, por lo que no les aplica el concepto de Potencia Garantizada; entendiéndose que la adjudicación corresponde a la totalidad de la Potencia Instalada incluida en su Oferta Técnica.

Asimismo se hace constar que, las siguientes centrales fueron incluidas en el Modelo de Optimización, pero no fueron seleccionadas como adjudicables, derivado a sus características técnicas y precios ofrecidos. Por lo tanto, no forman parte de la combinación del conjunto de ofertas que minimizan el costo de suministro para los usuarios:

#	Clave	Tipo Generación	Nueva/Existente/TI	PG (MW)
1.	9 (S) Greenergyze	Ren	Nueva	-
2.	18 (S) Arzua	Ren	Nueva	-
3.	15 (S) Bona Sort	Ren	Nueva	-
4.	16 (S) Fortunatos	Ren	Nueva	-
5.	3 (E) TRESA C2	Ren	Nueva	-
6.	41 (B) Genor C1	No Ren	Existente	20

De la tabla anterior debe de indicarse que las Ofertas numeradas del 1 a la 5, inclusive, corresponden a centrales que han ofertado Contratos de Energía Generada, por lo que no les aplica el concepto de Potencia Garantizada.

IV. De la declaración de adjudicación.

En virtud de lo anterior y respaldado con el documento adjunto "Evaluación de ofertas compra de energía y potencia para el período Mayo 2015 – Abril 2030" que resume el procedimiento y la herramienta de evaluación utilizada en el proceso de selección óptima de compra de energía y potencia en el marco de la "Licitación Abierta para contratar potencia y energía eléctrica para el suministro de los usuarios del servicio de distribución final" y de la aplicación del Manual de la Oferta Técnica de la Comisión Nacional de Energía Eléctrica, **esta Junta de Licitación dictamina la Adjudicación de las centrales descritas en la siguiente tabla:**






#	Clave	Tipo Generación	Nueva/Existente/TI	PG (MW)
1.	22 (S) Sibó	Ren	Nueva	-
2.	39 (E) San Antonio	Ren	Nueva	-
3.	36 (E) Viento Blanco	Ren	Nueva	-
4.	42 (S) Rainbow	Ren	Nueva	-
5.	3 (E) TRESA C1	Ren	Nueva	-
6.	29 (GDR) Proyectos	Ren	Nueva	-
7.	40 (GDR) GNacional C2	Ren	Nueva	-
8.	40 (GDR) GNacional C3	Ren	Nueva	-
9.	23 (GDR) Regional C2	Ren	Nueva	-
10.	5 (GDR) San Luis	Ren	Nueva	-
11.	13 (GDR)Oscana	Ren	Nueva	-
12.	23 (GDR) Regional C1	Ren	Nueva	-
13.	20 (GDR) Coralito	Ren	Nueva	-
14.	21 (GDR) Maxanal	Ren	Nueva	-
15.	35 (GDR) Hidrosacpur C1	Ren	Nueva	-
16.	14 (GDR) Samuc	Ren	Nueva	-
17.	33 (GDR) Sol del Campo	Ren	Nueva	-
18.	19 (GDR) El Cedro C2	Ren	Nueva	-
19.	4 (GDR) AGEN	Ren	Nueva	-
20.	10 (GDR) Las Victorias C2	Ren	Nueva	-
21.	12 (GDR) Serv en Generación	Ren	Existente	-
22.	11 (GDR) El Prado	Ren	Existente	-
23.	10 (GDR) Las Victorias C1	Ren	Nueva	-
24.	34 (GDR) Arimany	Ren	Nueva	-
25.	19 (GDR) El Cedro C1	Ren	Nueva	-
26.	19 (GDR) El Cedro C3	Ren	Nueva	-
27.	35 (H) Hidrosacpur C2	Ren	Nueva	6.00
28.	7 (H) San Andres	Ren	Nueva	6.75
29.	17 (H) Inver Agri	Ren	Nueva	8.12
30.	31 (H) Pasabién	Ren	Existente	9.79
31.	27 (H) Polochic	Ren	Nueva	10.00
32.	40 (H) GNacional C1	Ren	Nueva	14.00
33.	8 (B) Magdalena C5	Ren	Nueva	16.00
34.	6 (H) San Mateo	Ren	Nueva	18.50
35.	32 (B) Grupo Generador	NoRen	Nueva	20.00
36.	26 (H) Renace C1	Ren	Existente	20.00
37.	26 (H) Renace C3	Ren	Nueva	40.00
38.	2 (H) ELG	Ren	Nueva	42.00
39.	26 (H) Renace C2	Ren	Nueva	90.00
40.	37 (GN) Caribe	NoRen	TransInter	120.00

[Handwritten signature]

[Handwritten signature]

[Handwritten signature]

[Handwritten signature]

De la tabla anterior debe de indicarse que las Ofertas numeradas del 1 al 26, inclusive, corresponden a centrales que han ofertado Contratos de Energía Generada, por lo que no les aplica el concepto de Potencia Garantizada; entendiéndose que la adjudicación corresponde a la totalidad de la Potencia Instalada incluida en su Oferta Técnica.

Por su parte, la Junta de Licitación declara no adjudicadas las ofertas de las centrales que se describen en la tabla siguiente, dado sus características técnicas y precios ofrecidos. Por lo tanto, no forman parte de la combinación del conjunto de ofertas que minimizan el costo de suministro para los usuarios:

#	Clave	Tipo Generación	Nueva/Existente/TI	PG (MW)
1.	9 (S) Greenergyze	Ren	Nueva	-
2.	18 (S) Arzua	Ren	Nueva	-
3.	15 (S) Bona Sort	Ren	Nueva	-
4.	16 (S) Fortunatos	Ren	Nueva	-
5.	3 (E) TRESA C2	Ren	Nueva	-
6.	41 (B) Genor C1	No Ren	Existente	20

De la tabla anterior debe de indicarse que las Ofertas numeradas del 1 a la 5, inclusive, corresponden a centrales que han ofertado Contratos de Energía Generada, por lo que no les aplica el concepto de Potencia Garantizada.

En virtud de todo lo antes descrito y conforme al numeral 5.3.2. de las Bases de Licitación, sirva el presente documento y anexos, como Dictamen de las Ofertas Económicas de la Junta de Licitación, que será remitido a la CNEE, a efecto que ésta última se pronuncie en la forma establecida en las Bases de Licitación.

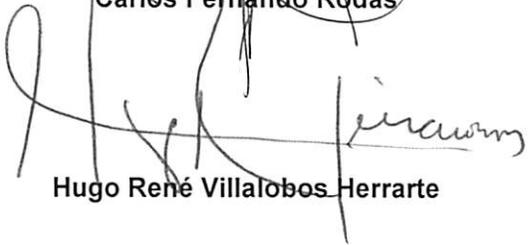
Guatemala, 24 de noviembre de 2012.

Junta de Licitación

PEG-2-2012


Carlos Fernando Rodas


Dimas Alfredo Carranza Barrera


Hugo René Villalobos Herrarte


Jorge Mario Golindres Sandoval


Luis Fernando Sánchez Fuentes


Rafael Briz Méndez



PEG 2-2012

Evaluación de ofertas de compra de
energía y potencia para el periodo
Mayo 2015 – Abril 2030

Junta de Licitación PEG2-2012

Ciudad de Guatemala, 24 de Noviembre de 2012

A handwritten signature in black ink, consisting of several loops and a vertical line extending downwards.

Tabla de Contenido

1	Introducción y Antecedentes	4
2	Glosario	5
3	Tipos de Contratos.....	8
3.1	Contratos por Diferencias con Curva de Carga (DCC)	8
3.2	Contratos de Opción de compra de Energía (OCE)	8
3.3	Contratos de Energía Generada (EG)	8
4	Tipos de Oferentes	8
4.1	Oferentes Nuevos	9
4.2	Oferentes Existentes.....	9
5	Ofertas virtuales	9
5.1	Definición.....	9
5.2	Criterio para la determinación de las ofertas a ser incluidas dentro del modelo	10
5.3	Resultado por comparación de precios monómicos.....	11
6	Modelo de Programación Lineal.....	15
6.1	Función Objetivo A Minimizar.....	15
6.2	Ecuaciones de Restricción.....	16
6.2.1	Ecuación 1 – Potencia Contratada Total	16
6.2.2	Ecuación 2 – Cobertura de la Demanda Energética de las Distribuidoras.....	17
6.2.3	Ecuación 3 – Energía Mensual Garantizada	17
6.2.4	Ecuación 4 – Energía Horaria Garantizada	18
6.2.5	Ecuación 5 – Potencia Máxima y Mínima.....	19
6.2.6	Ecuación 6 – Energía Generada Máxima.....	20
6.2.7	Ecuación 7 y 8 – Límites de Energía Generada Mínima y Máxima	21
6.2.8	Ecuación 9 – Potencia Contratada mínima Renovable.....	22
6.2.9	Ecuación 9 a – Potencia Contratada Hidráulica mínima.....	23
6.2.10	Ecuación 9 b – Potencia Contratada Mixta mínima.....	23
6.2.11	Ecuación 9 c – Potencia Contratada mínima Otros	24
6.2.12	Ecuación 10 – Potencia Contratada Máxima No Renovable	24
6.2.13	Ecuación 11a – Potencia Contratada Máxima No Renovable a Oferentes utilizando Bunker.....	25
6.2.14	Ecuación 11b – Potencia Contratada Máxima No Renovable a Oferentes utilizando Carbón.....	26
6.2.15	Ecuación 11c – Potencia Contratada Máxima No Renovable a Oferentes utilizando Gas Natural..	26
6.2.16	Ecuación 12 – Potencia Contratada Mínima a Oferentes Nuevos.....	27
6.2.17	Ecuación 13 – Potencia Contratada Máxima a Oferentes Existentes y Transacciones Internacionales	27

6.2.18	Ecuación 14 - Potencia Contratada máxima en Transacciones Internacionales.....	28
6.2.19	Ecuación 15 – Mínima Energía Anual Contratada en contratos DCC	28
6.2.20	Ecuación 16 – Mínima Energía Mensual Contratada en contratos tipo DCC.....	29
6.2.21	Ecuación 17 – Energía Renovable, No Renovable y Total.....	30
6.2.22	Ecuación 18 – Potencia Contratada a Oferentes con Contratos de Energía Generada	30
6.2.23	Ecuación 19 – Energía Contratada versus Potencia Instalada en Contratos de Energía Generada .	30
6.2.24	Ecuación 20 – Energía y Potencia Contratada	31
6.3	Fórmulas de Precio	32
6.3.1	Precio de la Energía Oferentes con combustibles No Renovables	32
7	Resultados del Modelo	35
7.1	Ofertas seleccionadas	35
7.2	Potencia contratada (PG).....	37

1 Introducción y Antecedentes

El artículo 53 de la Ley General de Electricidad, establece que los adjudicatarios del servicio de distribución final están obligados a tener contratos vigentes con empresas generadoras que les garanticen su requerimiento total de potencia y energía y el artículo 62 de la misma ley, señala que las compras de electricidad por parte de los distribuidores del Servicio de Distribución Final se efectuarán mediante licitación abierta y que toda la información relativa a la licitación y adjudicación de la oferta será de acceso público.

Adicionalmente el artículo 65 bis del Reglamento de la Ley General de Electricidad establece que las Distribuidoras deberán realizar licitación abierta para contratar el suministro que garantice sus requerimientos de potencia y energía, disponiendo además que conforme a las necesidades de las Distribuidoras y el Plan de Expansión Indicativo de Generación, la Comisión elaborará los términos de referencia que definan los criterios que las Distribuidoras deberán cumplir para elaborar las bases de licitación abierta, para llevar a cabo los procesos de adquisición de potencia y energía. Las Bases de licitación que las Distribuidoras elaboren deberán ser presentadas a la Comisión para su aprobación, la que resolverá sobre su procedencia o improcedencia. Una vez aprobadas las bases, las Distribuidoras deberán convocar a licitación abierta.

Las empresas Distribuidora de Electricidad de Occidente, S. A. , Distribuidora de Electricidad de Oriente, S. A. y Empresa Eléctrica de Guatemala, S. A. (en adelante Junta de Licitación), cumplieron esta instancia, habiendo posteriormente publicado la convocatoria de la licitación.

El cronograma de eventos de la licitación, objeto del presente informe, se resume en el siguiente cuadro:

Evento	Fecha
Adquisición de las Bases de Licitación	Desde la Publicación de la convocatoria hasta un día antes de la Fecha de Presentación de Ofertas
Primera reunión informativa	28 de junio de 2012.
Segunda reunión informativa	8 de agosto de 2012.
Tercera reunión informativa	21 de septiembre de 2012
Fecha límite para entregar solicitudes de aclaraciones a las Bases de Licitación	24 de septiembre de 2012.
Fecha límite para dar respuestas a las solicitudes de aclaración de las Bases de Licitación o preguntas y para la emisión de Adendas a las Bases de Licitación	5 de octubre de 2012.
Fecha de presentación de Ofertas Técnicas, Económicas y Oferta Virtual y apertura de Ofertas Técnicas.	29 de octubre de 2012.
Fecha de apertura de la Oferta Virtual y de la Oferta Económica	23 de noviembre de 2012.
Fecha de adjudicación	A más tardar el 30 de noviembre de 2012.

Definida la Potencia Garantizada (PG) como aquella potencia neta que en su Oferta garantiza entregar el Oferente a las Distribuidoras en el Punto de Entrega como Oferta Firme Eficiente para cubrir Demanda Firme, en esta oportunidad la Potencia Garantizada a contratar como parte de la Demanda Firme de las Distribuidoras es de hasta seiscientos megavatios (600MW), para el suministro de los Usuarios del Servicio de Distribución Final de las Distribuidoras.

Las Distribuidoras deben adjudicar la Oferta o el conjunto de Ofertas que minimicen el costo total de suministro para sus Usuarios del Servicio de Distribución Final, de acuerdo a las condiciones establecidas en las Bases de Licitación.

La Junta de Licitación contrató a Quantum para prestarles apoyo en el presente proceso licitatorio, proceso de evaluación de ofertas de compra de energía y potencia para las distribuidoras a iniciar su operación en el año 2015 y con un plazo de hasta 15 (quince) años.

El apoyo requerido por la Junta de Licitación estuvo orientado a:

- Evaluar las ofertas aptas desde el punto de vista técnico, económico y administrativo, presentadas por los oferentes interesados en participar de la presente licitación.
- Preparar en plataforma Excel una planilla por oferta recibida para el cálculo del precio monómico ofertado y su comparación con el precio monómico de la oferta virtual correspondiente a la tecnología a la cual cada oferta aplica.
- Desarrollar una herramienta que permita procesar la información que suministren los oferentes, y evaluar dicha información en procura de establecer aquella combinación que minimiza el costo de contratación sujeto a un conjunto de restricciones que deben satisfacerse. Es decir, la herramienta a implementar definirá las cantidades óptimas de energía y potencia a adjudicar a los distintos oferentes participantes de la “LICITACIÓN ABIERTA PARA CONTRATAR POTENCIA Y ENERGÍA ELÉCTRICA PARA EL SUMINISTRO DE LOS USUARIOS DEL SERVICIO DE DISTRIBUCIÓN FINAL”, que se reglamentan en las “Bases de Licitación Abierta PEG-2-2012” de abril de 2012, en adelante (PEG-2, 2012).
- Elaborar un informe con los resultados obtenidos, justificando la elección alcanzada como óptima

2 Glosario

Se presenta a continuación, el glosario de las variables utilizadas por el modelo y que se encuentran presentes en las formulaciones que se desarrollan más adelante.

- Índices:
 - A: año estacional¹
 - A: 2015 para el período 1/5/2015 hasta el 30/4/2016
 - A: 2016 para el período 1/5/2016 hasta el 30/4/2017
 - A: 2017 para el período 1/5/2017 hasta el 30/4/2018
 - A: 2018 para el período 1/5/2018 hasta el 30/4/2019
 - A: 2019 para el período 1/5/2019 hasta el 30/4/2020
 - A: 2020 para el período 1/5/2020 hasta el 30/4/2021
 - A: 2021 para el período 1/5/2021 hasta el 30/4/2022
 - A: 2022 para el período 1/5/2022 hasta el 30/4/2023
 - A: 2023 para el período 1/5/2023 hasta el 30/4/2024
 - A: 2024 para el período 1/5/2024 hasta el 30/4/2025
 - A: 2025 para el período 1/5/2025 hasta el 30/4/2026
 - A: 2026 para el período 1/5/2026 hasta el 30/4/2027
 - A: 2027 para el período 1/5/2027 hasta el 30/4/2028
 - A: 2028 para el período 1/5/2028 hasta el 30/4/2029
 - A: 2029 para el período 1/5/2029 hasta el 30/4/2030
 - A: 2030 para el período 1/5/2030 hasta el 30/4/2031
 - A: 2031 para el período 1/5/2031 hasta el 30/4/2032
 - A: 2032 para el período 1/5/2032 hasta el 30/4/2033
 - A: 2033 para el período 1/5/2033 hasta el 30/4/2034
 - A: 2034 para el período 1/5/2034 hasta el 30/4/2035

Para los oferentes existentes con tecnología renovable, es obligatorio que oferten potencia para los años estacionales de 2015 – 2029 inclusive.

¹ El contrato se establece en años estacionales. El primer año estacional comienza el 1 de mayo 2015 y termina el 30 de abril del 2016. El último año estacional termina el 30 de abril 2030.

Los oferentes nuevos, pueden comenzar a ofertar en cualquier año entre 2015 a 2020 inclusive, y es obligatorio que oferten durante los años 2020 a 2029, siendo opcional para los años 2030 a 2034.

Con el fin de encontrar la combinación óptima, el modelo de optimización implementado solo considera los años estacionales que van desde 2015 hasta 2029 inclusive. De tomar dentro del análisis las ofertas durante los años opcionales 2030 a 2034, se estaría forzando al modelo hacia la selección de oferentes que han ofrecido para dichos años, puesto que solo de esa forma se evitaría la contratación de oferentes virtuales durante los mismos. Consecuentemente, los oferentes deben considerar que se les respeta el contrato incluyendo los años opcionales 2030 a 2034, pero su oferta para esos años no tiene peso dentro de la función objetivo del modelo de optimización.

- **M:** mes.
- **H:** Hora.
- **O:** Oferente.
- **Parámetros:**
 - **ETHD:** energía total horaria demandada por las distribuidoras en la hora H, mes M y año A. Expresada en MWh (Dato²).
 - **PjeEHG:** porcentaje de la energía total demandada en la hora H respecto a la total del día típico mensual. Vector de 24 datos para cada mes que sumados totalizan 100%.
 - **EMG:** energía mensual garantizada por el oferente O en el mes M, del año A. Expresada en MWh (Dato³).
 - **EME:** energía mensual estimada del oferente O en el año A y mes M. Expresada en MWh (Dato⁴).
 - **Contrato:** tipo de contrato.
 - **OCE:** Opción Compra de Energía,
 - **DCC:** Diferencia con Curva de Carga,
 - **EGEN:** Energía Generada (no garantiza Potencia),
 - **FI:** Firme de Importación.
 - **CTUNG:** consumo térmico unitario neto garantizado:
 - Carbón: BTU/MWh
 - Gas Natural: BTU/MWh
 - Bunker: BLL/MWh
 - **Días:** cantidad de días del mes M.
 - **F₀:** precio del combustible al mes 0 dado por la CNEE:
 - **Carbón:** USD/ TM,
 - **Gas Natural:** USD/MMBTU,
 - **Bunker:** USD/BBL.
 - **FA_c:** Valor de Ajuste para el Carbón, que corresponden a los costos adicionales de adquisición del combustible respecto al indicador de referencia (si hubieran). Este valor será incluido por el Oferente en la Oferta Económica y constituye el único valor que será aceptado por las Distribuidoras en los dos primeros años del contrato o hasta el treinta (30) de abril de dos mil diecisiete (2017), lo que ocurra primero. Para el plazo complementario de contrato deberán realizarse las licitaciones internacionales de combustible indicadas en el anexo del Contrato. Para efectos de evaluación económica se considerará este factor para todo el período ofertado. Las dimensionales de este valor son idénticas a las del valor **F₀** correspondiente.
 - **FA_{GN}:** Valor de Ajuste para el Gas Natural, que corresponden a la indexación de adquisición del combustible respecto al indicador de referencia, éste deberá incluir todos los costos que estén

² (PEG-2, 2012), pág. 25 inciso ii, tabla izquierda

³ (PEG-2, 2012), pág. 34, tabla 2

⁴ (PEG-2, 2012), pág. 35, tabla 3

asociados a procesos de licuefacción y al transporte desde el país de origen hasta donde se encuentre instalada la Central, los costos de regasificación no deben considerarse en este rubro ya que forman parte del Precio de la Potencia que se incluya en la Oferta Económica. Este valor será incluido por el Oferente en la Oferta Económica y constituye el único valor aceptado por las Distribuidoras en los tres primeros años del contrato o hasta el treinta (30) de abril del dos mil dieciocho (2018), lo que ocurra primero. Para el plazo complementario de contrato, deberán realizarse las licitaciones internacionales de combustible indicados en el anexo del Contrato. Para efectos de evaluación económica se considerará este factor para todo el período ofertado. Las dimensionales de este valor para la Alternativa 1 es BBL/MMBTU y para la Alternativa 2 es US \$/MMBTU.

- **Kj:** factores multiplicadores de cada combustible para cada mes para evolucionar los precios de los mismos.
- **Estado del Oferente:**
 - **Existente:** en operación antes del 1/1/2011
 - **Nuevo:** a instalar en fecha posterior al 1/1/2011
 - **TI:** Transacciones Internacionales
- **CI:** Corresponde a los costos totales locales de internación a Guatemala del combustible en US \$/MWh que constituye los costos de gestiones, aranceles, tasas portuarias, impuestos, costos de inspección y análisis y cualquier otro servicio requerido a fin de cumplir con todos los requisitos de este contrato. Expresado en USD/MWh.
- **OyM:** costo de operación y mantenimiento. Expresado en USD/MWh.
- **PE:** precio de la energía mensual ofrecida por el oferente O para el mes M y el año A. Expresado en USD/MWh.
- **PI:** Potencia Instalada por el Oferente O que ofrece contrato del tipo de Energía Generada. Expresado en MW.
- **PGMX:** es la potencia garantizada máxima ofrecida por el Oferente O, para el mes M y año A. Expresada en MW.
- **PGMN:** es la potencia garantizada mínima ofrecida por el oferente O para el mes M y año A. Expresada en MW.
- **PPG:** es el precio de la potencia garantizada por el oferente O para el mes m y año A. Expresado en USD/kW-mes.
- **Tipo de contrato:**
 - **NoRen:** No renovable,
 - **Ren:** Renovable.
- **PPI_i/PPI₀:** Es el valor correspondiente de la tendencia del Índice anual de Precios al Productor, que para efectos de la evaluación de las Ofertas se determina que el crecimiento anual del PPI será del dos punto doscientos cuarenta y ocho por ciento (2.248%).
- **CTT₀:** Corresponde a los costos totales de transporte del Carbón hasta donde esté instalada la Central en USD/MWh, deberá incluirse en la Oferta Económica del Oferente y que constituye los costos totales de transporte desde el lugar de origen hasta la Central. Este valor será el único aceptado por las Distribuidoras en los dos primeros años del contrato o hasta el treinta (30) de abril de dos mil diecisiete (2017), lo que ocurra primero. Para el plazo complementario de contrato, deberán realizarse las licitaciones internacionales de transporte indicadas en el anexo del Contrato. Para efectos de evaluación económica se considerará este factor para todo el período ofertado.
- **Resultados:**
 - **ADJUDICADA:** variable entera que vale 1 si la propuesta del oferente resulta adjudicada, y 0 si no lo es.

- **EC:** resultado de la energía horaria comprada al oferente *O*, en la hora *H*, del mes *M*, del año *A*. Expresada en MWh.
 - **ECRen:** Energía contratada renovable comprada al oferente *O*, en la hora *H*, del mes *M*, del año *A*. Expresada en MWh.
 - **ECNoRen:** Energía contratada no renovable comprada al oferente *O*, en la hora *H*, del mes *M*, del año *A*. Expresada en MWh.
- **PC:** Potencia contratada al oferente *O* en el año *A*. Expresada en MW.
 - **PCRen:** Potencia contratada renovable comprada al oferente *O*, en el año *A*. Expresada en MW.
 - **PCNoRen:** Potencia contratada no renovable comprada al oferente *O*, en el año *A*. Expresada en MW.

3 Tipos de Contratos

Existen tres tipos de contratos que se describen a continuación:

3.1 Contratos por Diferencias con Curva de Carga (DCC)

En este tipo de contrato se establece por las partes un valor de potencia contratada para el cubrimiento de la Demanda Firme en todo momento durante toda la vigencia del contrato, el cual no podrá superar la Oferta Firme Eficiente del vendedor que no esté comprometida en otros contratos. Además, el participante productor compromete el abastecimiento de una demanda de energía definida como una curva de demanda horaria a lo largo del período de vigencia del contrato a un participante consumidor. La energía de la curva horaria será asignada al comprador del contrato y descontada a la parte vendedora del mismo. El vendedor se podrá respaldar contratando potencia para cumplir su compromiso. La curva de demanda horaria podrá ser abastecida por el participante productor ya sea con generación propia, o comprando los faltantes en el Mercado de Oportunidad de existir el excedente necesario. Esto significa que no existe obligación para un agente productor de generar la energía comprometida en el contrato.

3.2 Contratos de Opción de compra de Energía (OCE)

En este tipo de contrato se establece por las partes un valor de potencia contratada para el cubrimiento de la Demanda Firme en todo momento durante toda la vigencia del contrato, el cual no podrá superar la Oferta Firme Eficiente del vendedor que no esté comprometida en otros contratos. Además, el participante productor vende a un participante consumidor una cantidad de energía horaria de acuerdo a lo siguiente: se establece por las partes un Precio de Opción de compra de energía, si el Precio de Oportunidad de la Energía es menor al Precio de Opción, no se asigna energía derivada del contrato. En caso contrario, el participante productor vende con energía propia o comprada en el Mercado de Oportunidad, la energía horaria informada por las partes, la cual no podrá superar el valor de potencia contratada.

3.3 Contratos de Energía Generada (EG)

En este tipo de contrato un Agente Generador cuyas unidades generadoras no se les haya asignado Oferta Firme Eficiente, vende a un participante consumidor toda la energía que pueda generar en el mes *M* del año *A*. Con este tipo de contrato únicamente se vende energía por lo cual no existe compromiso de potencia para el cubrimiento de Demanda Firme.

4 Tipos de Oferentes

Existen dos tipos de oferentes que se describen a continuación:

4.1 Oferentes Nuevos

Cuando la Central o Centrales, con las que el oferente suministrará la Potencia Garantizada y la energía eléctrica a las Distribuidoras, han iniciado o iniciarán operación comercial en el Mercado Mayorista de Guatemala después del uno (1) de enero de dos mil once (2011). Dichos oferentes podrán entrar durante cualquiera de los 1ro de mayo de los años estaciones 2015 a 2020 inclusive.

4.2 Oferentes Existentes

Cuando la Central o Centrales del oferente, no cumplen con la condición de Plantas de Generación Nuevas y que se encuentran en operación comercial en el Mercado Mayorista antes del uno (1) de enero de dos mil once (2011). Dichos oferentes deben ofertar a partir del 1ro de mayo de 2015 únicamente. En caso que sea de tecnología No Renovable, podrán ofertar solamente hasta el 30 de Abril de 2020.

5 Ofertas virtuales

5.1 Definición⁵

La oferta virtual, hace referencia al precio máximo que tiene por objetivo limitar el precio de compra de potencia y energía por parte de las Distribuidoras. En esta oportunidad, la Oferta Virtual está conformada por un conjunto de precios máximos, definidos por la CNEE, los cuales aplican por tecnología y combustible al momento de evaluar las Ofertas Económicas. En función de lo anterior, las Ofertas Económicas superiores a la Oferta Virtual de su respectiva tecnología y combustible no serán tomadas en cuenta en el modelo de evaluación económica. Debe entenderse que las Ofertas que no superen la Oferta Virtual no quedan adjudicadas de manera automática; sino que únicamente serán incluidas en el modelo de evaluación económica.

Las cuotas mínimas indicadas para las Tecnologías Renovables deben interpretarse como los objetivos de contratación de esas Tecnologías para la diversificación de la matriz energética. En consecuencia para cada Tecnología Renovable, si las Ofertas con precios menores a la Oferta Virtual, y que resulten adjudicadas, no alcanzan a igualar o superar la cuota mínima correspondiente, la diferencia entre dicha cuota mínima y la capacidad total adjudicada de esa tecnología no será adjudicada a ninguna otra tecnología renovable o no renovable, quedando reservada dicha capacidad para contrataciones futuras de la tecnología renovable en cuestión. Derivado de lo anterior, no debe interpretarse la palabra “mínimo” como un compromiso de adjudicación. Para lograr lo anteriormente dicho, se incorporará dentro del modelo y para cada tecnología/combustible, el respectivo oferente virtual con sus precios y con una capacidad igual a la cuota mínima en cuestión y lograr así la factibilidad de solución del modelo inclusive en el caso que la potencia de los oferentes de una determinada tecnología / combustible sea insuficiente.

Dicha Oferta Virtual es establecida por la CNEE y se presenta en sobre sellado cuya apertura ocurre el mismo día de la apertura de las Ofertas Económicas, las cuales hasta dicho momento quedan en custodia del banco seleccionado por la Junta de Licitación.

Las Ofertas Económicas recibidas con tecnología mixta, deben calificarse económicamente si cumplen con no exceder de manera independiente la Oferta Virtual de las tecnologías involucradas en su Oferta.

⁵ (PEG-2, 2012), pág. 25 inciso vii y viii.

5.2 Criterio para la determinación de las ofertas a ser incluidas dentro del modelo

Para determinar si un oferente de una determinada tecnología / combustible será incluido dentro del modelo se deberá seguir el siguiente procedimiento:

1. Calcular el precio Monómico del mismo,
2. Comparar si dicho precio es inferior al precio Monómico de su respectivo Oferente Virtual,
3. Incluir en caso que sea inferior, dentro de los oferentes reales a ser evaluados por el modelo.

El precio Monómico depende de tres componentes:

1. Precio de la Energía (USD/MWh),
2. Precio de la Potencia (USD/kW-mes),
3. Factor de carga (%).

$$\text{Precio Monómico} = \text{Precio Energía} + \frac{12 \times 1000 \times \text{Precio Potencia}}{8760 \times \text{Factor de Carga}}$$

Donde se observa que el precio monómico es muy sensible al factor de carga utilizado. A continuación se plantean los factores de carga a ser utilizados para cada tipo de contrato.

Contratos tipo Diferencia de Curva de Carga (DCC)

Para el caso de los oferentes con contratos del tipo DCC, se comparará utilizando el factor de carga de su perfil.

Contratos de Opción de Compra de Energía (OCE)

El perfil que finalmente se le compre al oferente con este tipo de contratos, dependerá de:

1. el precio de energía del mismo,
2. el precio de energía de los demás oferentes adjudicados con este tipo de contratos y contratos tipo Energía Generada y
3. el perfil de carga de los oferentes adjudicados con contratos tipo DCC.

Es así que puede ser que a un oferente adjudicado con este tipo de contratos se le compre el 100% de su energía o no se le compre absolutamente nada.

Entonces cualquiera sea el Factor de Carga que se considere, se podrá estar cometiendo el error de excluir un generador que hubiese sido óptimo considerar o incluir un generador que no debería ser incorporado dentro del listado. El error de inclusión es el menos grave, puesto que luego dentro del modelo, podrá ser desplazado por otros oferentes o incluso por el Oferente Virtual.

Se considerará como factor de carga, al factor de planta de la central, el cual es igual a 1 (uno), de acuerdo a lo establecido en las Bases de Licitación.

Contratos de Energía Generada

Para el caso de los oferentes con este tipo de contratos, se comparará directamente el precio de la energía del oferente virtual con el precio de la energía del oferente real en cuestión. El precio de la potencia en ambos casos es nulo puesto que no se garantiza la misma.

5.3 Resultado por comparación de precios monómicos

El día 23 de Noviembre de 2012, la Junta de Licitación comunicó públicamente los nombres de las Ofertas recibidas que cumplieron en forma correcta las condiciones establecidas en las Bases de Licitación, desde el punto de vista administrativo y técnico.

El lista de las generadoras y las plantas de las mismas se listan a continuación:

Generadora	Planta
La Electricidad De Los Altos	C1 Santa Lucía
Energía Limpia de Guatemala	Hidro Xacbal Delta
Tresa	Las Cumbres
Tresa	Las Colinas
AGEN	San Rafael
Hidroeléctrica San Luis	San Luis
Hidroeléctrica San Mateo	Pojom San Mateo
San Andrés	CH Yalhuitz Generadora
Consorcio Magdalena Biomass	Biomass Bloque 6
Consorcio Magdalena Biomass	Biomass Bloque 7
Consorcio Magdalena Biomass	Biomass Bloque 8
Consorcio Magdalena Biomass	Biomass Bloque 9
Consorcio Magdalena Biomass	Biomass Bloque 6A
Greenenergyze	Suna
Las Victorias	Las Victorias
Las Victorias	La Paz
El Prado	El Prado
Servicios en Generación	Santa Elena
Oscana	Las Margaritas Fase II
Hidroeléctrica Samuca Fase II	Samuc Fase II
Bona Sort	Alba
Fortunatos	Kalinda
Inversiones Agrícolas Diversificadas	El Volcán
Arzua	Do Sol
El Cedro	Hidrosan 1
El Cedro	Hidrosan 2
El Cedro	Hidrocon
Coralito	Coralito
Maxanal	Maxanal

Generadora	Planta
Sibo	Sibo solar
Regional Energética	El Libertador
Regional Energética	El Panal
Tecnopower	Tecnopower
Pantaleón	Pantaleón Bloque 3
Renace	Renace I
Renace	RenaceII Fase I Fase 1
Renace	RenaceII Fase I Fase 2
Polochic	Santa Teresa
Santa Ana	Santa Ana
Proyectos Sostenibles de Guatemala	Proyectos Sostenibles de Guatemala
Secacao	Secacao
Pasabién	Pasabién
Grupo Generador de Oriente	Grupo Generador de Oriente
Sol del Campo y Popoyan	Las Uvitas
Aguilar Arimany	Pacayas
Hidrosacpur	La Perla
Hidrosacpur	El Cafetal
Viento Blanco	Viento Blanco
Energía del Caribe	Energía del Caribe MIER-Mexico
ESI	Costa Sur
San Antonio El Sitio	San Antonio El Sitio
Generadora Nacional	Oxec II
Generadora Nacional	Visión del Águila
Generadora Nacional	Raaxha
Genor	Genor1
Genor	Genor2
Rainbow	Rainbow50

Los precios monómicos de las ofertas virtuales oficialmente comunicados en el acto público fueron los siguientes, presentándose solo aquellos que corresponden a aquellas tecnologías/combustible para las cuales existieron ofertas.

Tecnología / Combustible	USD/MWh
No Renovable / Bunker	221.80
No Renovable / Carbón	111.90
No Renovable / Gas Natural	135.80
Renovable / Hidro	131.40
Renovable / Eólica	136.50
Renovable / Solar	203.90
Renovable / Biomasa	124.50
Renovable / GDR Hidro	125.00

Tecnología Mixta	Combustible	
	Ren. USD/MWh	No Ren. USD/MWh
Biomasa/Carbón	94.80	111.90

En el caso de las ofertas reales recibidas, las componentes de cálculo de sus correspondientes monómicos fueron divulgadas públicamente y, debido a que la comparación de precios debía realizarse en moneda de Mayo de 2015, la variable fecha de entrada en operación de cada planta resultó relevante a los fines de reexpresar los precios ofertados en la moneda homogénea de comparación.

De acuerdo a lo establecido en las bases de licitación en el punto 4.2.3, se procedió a verificar el cumplimiento de que la componente del precio ofertado correspondiente a los costos de operación y mantenimiento no supere el 10% del precio ofertado de la energía, condición que aplica para plantas de generación cuyo tipo de tecnología de generación sea con Recursos Renovables bajo contratos del tipo Diferencias con curva de carga u Opción de compra de energía. Cuando el criterio descrito no se cumple, el status de la oferta es identificado como "Oferta No Válida".

Los resultados obtenidos se resumen en la siguiente tabla:

Generadora	Planta	Tecnología	Contrato	Monómico (USD/MWh)				Status
				OV	Oferente	OV	Oferente	
La Electricidad De Los Altos	C1 Santa Lucía	No Renovable	OCE	111.90	114.57			Superior a OV
Energía Limpia de Guatemala	Hidro Xacbal Delta	Renovable	DCC	131.40	130.34			No Superior a OV
Tresa	Las Cumbres	Renovable	EGEN	136.50	119.27			No Superior a OV
Tresa	Las Colinas	Renovable	EGEN	136.50	125.82			No Superior a OV
AGEN	San Rafael	Renovable Distribuida	EGEN	125.00	100.00			No Superior a OV
Hidroeléctrica San Luis	San Luis	Renovable Distribuida	EGEN	125.00	108.10			No Superior a OV
Hidroeléctrica San Mateo	Pojom San Mateo	Renovable	DCC	131.40	107.95			No Superior a OV
San Andrés	CH Yalhuitz Generadora	Renovable	DCC	131.40	113.23			No Superior a OV
Consorcio Magdalena Biomass	Biomass Bloque 6	Mixta	OCE	94.80	117.37	111.90	130.87	Superior a OV
Consorcio Magdalena Biomass	Biomass Bloque 7	No Renovable	OCE	111.90	126.31			Superior a OV
Consorcio Magdalena Biomass	Biomass Bloque 8	Mixta	OCE	94.80	112.91	111.90	126.41	Superior a OV
Consorcio Magdalena Biomass	Biomass Bloque 9	No Renovable	OCE	111.90	122.83			Superior a OV
Consorcio Magdalena Biomass	Biomass Bloque 6A	Renovable	DCC	124.50	117.40			No Superior a OV
Greenergyze	Suna	Renovable Distribuida	EGEN	203.90	179.00			No Superior a OV
Las Victorias	Las Victorias	Renovable Distribuida	EGEN	125.00	99.99			No Superior a OV
Las Victorias	La Paz	Renovable Distribuida	EGEN	125.00	99.99			No Superior a OV
El Prado	El Prado	Renovable Distribuida	EGEN	125.00	99.99			No Superior a OV
Servicios en Generación	Santa Elena	Renovable Distribuida	EGEN	125.00	99.99			No Superior a OV
Oscana	Las Margaritas Fase II	Renovable Distribuida	EGEN	125.00	104.50			No Superior a OV
Hidroeléctrica Samuca Fase II	Samuca Fase II	Renovable Distribuida	EGEN	125.00	99.96			No Superior a OV
Bona Sort	Alba	Renovable Distribuida	EGEN	203.90	161.63			No Superior a OV
Fortunatos	Kalinda	Renovable Distribuida	EGEN	203.90	161.31			No Superior a OV
Inversiones Agrícolas Diversificadas	El Volcán	Renovable	DCC	131.40	114.98			No Superior a OV
Arzua	Do Sol	Renovable Distribuida	EGEN	203.90	161.96			No Superior a OV
El Cedro	Hidrosan 1	Renovable Distribuida	EGEN	125.00	94.91			No Superior a OV
El Cedro	Hidrosan 2	Renovable Distribuida	EGEN	125.00	97.79			No Superior a OV
El Cedro	Hidrocon	Renovable Distribuida	EGEN	125.00	89.96			No Superior a OV
Coralito	Coralito	Renovable Distribuida	EGEN	125.00	104.50			No Superior a OV
Maxanal	Maxanal	Renovable Distribuida	EGEN	125.00	102.05			No Superior a OV
Sibo	Sibo solar	Renovable Distribuida	EGEN	203.90	138.00			No Superior a OV
Regional Energética	El Libertador	Renovable Distribuida	EGEN	125.00	104.44			No Superior a OV
Regional Energética	El Panal	Renovable Distribuida	EGEN	125.00	109.90			No Superior a OV
Tecnopower	Tecnopower	No Renovable	OCE	111.90	113.08			Superior a OV
Pantaleón	Pantaleón Bloque 3	Mixta	DCC	94.80	99.66	111.90	117.49	Superior a OV
Renace	Renace I	Renovable	DCC	131.40	108.70			No Superior a OV
Renace	RenaceII Fase I Fase 1	Renovable	DCC	131.40	104.92			No Superior a OV
Renace	RenaceII Fase I Fase 2	Renovable	DCC	131.40	104.94			No Superior a OV
Polochic	Santa Teresa	Renovable	DCC	131.40	121.27			No Superior a OV
Santa Ana	Santa Ana	Mixta	DCC	94.80	89.84	111.90	120.64	Superior a OV
Proyectos Sostenibles de Guatemala	Proyectos Sostenibles de Guatemala	Renovable Distribuida	EGEN	125.00	114.95			No Superior a OV
Secacao	Secacao	Renovable	DCC					Oferta No Válida
Pasabién	Pasabién	Renovable	DCC	131.40	124.89			No Superior a OV
Grupo Generador de Oriente	Grupo Generador de Oriente	No Renovable	OCE	221.80	201.71			No Superior a OV
Sol del Campo y Popoyan	Las Uvitas	Renovable Distribuida	EGEN	125.00	100.74			No Superior a OV
Águilar Arimany	Pacayas	Renovable Distribuida	EGEN	125.00	99.98			No Superior a OV
Hidrosacpur	La Perla	Renovable Distribuida	EGEN	125.00	101.71			No Superior a OV
Hidrosacpur	El Cafetal	Renovable	DCC	131.40	108.76			No Superior a OV
Viento Blanco	Viento Blanco	Renovable	EGEN	136.50	129.90			No Superior a OV
Energía del Caribe	Energía del Caribe MIER-Mexico	No Renovable	OCE	135.80	112.05			No Superior a OV
ESI	Costa Sur	No Renovable	OCE	111.90	114.42			Superior a OV
San Antonio El Sitio	San Antonio El Sitio	Renovable	EGEN	136.50	132.48			No Superior a OV
Generadora Nacional	Oxec II	Renovable	DCC	131.40	119.30			No Superior a OV
Generadora Nacional	Visión del Águila	Renovable Distribuida	EGEN	125.00	113.85			No Superior a OV
Generadora Nacional	Raaxha	Renovable Distribuida	EGEN	125.00	113.85			No Superior a OV
Genor	Genor1	No Renovable	OCE	221.80	208.11			No Superior a OV
Genor	Genor2	No Renovable	OCE	111.90	122.63			Superior a OV
Rainbow	Rainbow50	Renovable	EGEN	203.90	129.89			No Superior a OV

En el caso de las ofertas con tecnología mixta, se presentan en la tabla superior en primera instancia la comparación de precios monómicos relativos a la generación con recursos renovables y a continuación la comparación de los precios monómicos relativos a la generación con recursos no renovables. De acuerdo a lo establecido en las bases de licitación, en el caso de las tecnologías mixtas, el status de "No superior a OV" aplica si se cumplen la condición de "No superior a OV" en ambas tecnologías.

De la tabla superior surge el siguiente resumen en el cual los oferentes y sus potencias máximas ofertadas se han organizado según status alcanzado, tipo de tecnología, combustible a emplear en la generación y tipo de contrato:

Tecnología	Contrato	Tipo de combustible	No Superior a OV		Superior a OV		Oferta No Válida	
			Cantidad de Ofertas	Suma de Potencias Máximas (MW/mes)	Cantidad de Ofertas	Suma de Potencias Máximas (MW/mes)	Cantidad de Ofertas	Suma de Potencias Máximas (MW/mes)
No Renovable	OCE	Bunker	2	40.00	-	-	-	-
No Renovable	OCE	Carbón	-	-	6	290.00	-	-
No Renovable	OCE	Gas Natural	1	120.00	-	-	-	-
Renovable	DCC	Biomasa	1	16.00	-	-	-	-
Renovable	DCC	Hidro	11	265.16	-	-	1	14.00
Renovable Distribuida	EGEN	Hidro	21	-	-	-	-	-
Renovable Distribuida	EGEN	Eólica	4	-	-	-	-	-
Renovable Distribuida	EGEN	Solar	6	-	-	-	-	-
Mixta	DCC	Carbón/Biomasa	-	-	2	80.00	-	-
Mixta	OCE	Carbón/Biomasa	-	-	2	70.00	-	-
Total			46	441.16	10	440.00	1	14.00

De esta forma, el perfil de las ofertas válidas a ser incorporadas en la herramienta de optimización es el siguiente:

Generadora	Planta	Tecnología	Origen	Tipo de combustible	Contrato
Energía Limpia de Guatemala	Hidro Xacbal Delta	Renovable	Gen. Nueva	Hidro	DCC
Tresa	Las Cumbres	Renovable Distribuida	Gen. Nueva	Eólica	EGEN
Tresa	Las Colinas	Renovable Distribuida	Gen. Nueva	Eólica	EGEN
AGEN	San Rafael	Renovable Distribuida	Gen. Nueva	Hidro	EGEN
Hidroeléctrica San Luis	San Luis	Renovable Distribuida	Gen. Nueva	Hidro	EGEN
Hidroeléctrica San Mateo	Pojom San Mateo	Renovable	Gen. Nueva	Hidro	DCC
San Andrés	CH Yalhuitz Generadora	Renovable	Gen. Nueva	Hidro	DCC
Consorcio Magdalena Biomass	Biomass Bloque 6A	Renovable	Gen. Nueva	Biomasa	DCC
Greenenergyze	Suna	Renovable Distribuida	Gen. Nueva	Solar	EGEN
Las Victorias	Las Victorias	Renovable Distribuida	Gen. Nueva	Hidro	EGEN
Las Victorias	La Paz	Renovable Distribuida	Gen. Nueva	Hidro	EGEN
El Prado	El Prado	Renovable Distribuida	Gen. Existente	Hidro	EGEN
Servicios en Generación	Santa Elena	Renovable Distribuida	Gen. Existente	Hidro	EGEN
Oscana	Las Margaritas Fase II	Renovable Distribuida	Gen. Nueva	Hidro	EGEN
Hidroeléctrica Samuca Fase II	Samuc Fase II	Renovable Distribuida	Gen. Nueva	Hidro	EGEN
Bona Sort	Alba	Renovable Distribuida	Gen. Nueva	Solar	EGEN
Fortunatos	Kalinda	Renovable Distribuida	Gen. Nueva	Solar	EGEN
Inversiones Agrícolas Diversificadas	El Volcán	Renovable	Gen. Nueva	Hidro	DCC
Arzua	Do Sol	Renovable Distribuida	Gen. Nueva	Solar	EGEN
El Cedro	Hidrosan 1	Renovable Distribuida	Gen. Nueva	Hidro	EGEN
El Cedro	Hidrosan 2	Renovable Distribuida	Gen. Nueva	Hidro	EGEN
El Cedro	Hidrocon	Renovable Distribuida	Gen. Nueva	Hidro	EGEN
Coralito	Coralito	Renovable Distribuida	Gen. Nueva	Hidro	EGEN
Maxanal	Maxanal	Renovable Distribuida	Gen. Nueva	Hidro	EGEN
Sibo	Sibo solar	Renovable Distribuida	Gen. Nueva	Solar	EGEN
Regional Energética	El Libertador	Renovable Distribuida	Gen. Nueva	Hidro	EGEN
Regional Energética	El Panal	Renovable Distribuida	Gen. Nueva	Hidro	EGEN
Renace	Renace I	Renovable	Gen. Existente	Hidro	DCC
Renace	RenaceII Fase I Fase 1	Renovable	Gen. Nueva	Hidro	DCC
Renace	RenaceII Fase I Fase 2	Renovable	Gen. Nueva	Hidro	DCC
Polochic	Santa Teresa	Renovable	Gen. Nueva	Hidro	DCC
Proyectos Sostenibles de Guatemala	Proyectos Sostenibles de Guatemala	Renovable Distribuida	Gen. Nueva	Hidro	EGEN
Pasabién	Pasabién	Renovable	Gen. Existente	Hidro	DCC
Grupo Generador de Oriente	Grupo Generador de Oriente	No Renovable	Gen. Nueva	Bunker	OCE
Sol del Campo y Popoyan	Las Uvitas	Renovable Distribuida	Gen. Nueva	Hidro	EGEN
Aguilar Arimany	Pacayas	Renovable Distribuida	Gen. Nueva	Hidro	EGEN
Hidrosacpur	La Perla	Renovable Distribuida	Gen. Nueva	Hidro	EGEN
Hidrosacpur	El Cafetal	Renovable	Gen. Nueva	Hidro	DCC
Viento Blanco	Viento Blanco	Renovable Distribuida	Gen. Nueva	Eólica	EGEN
Energía del Caribe	Energía del Caribe MIER-Mexico	No Renovable	Trans. Internacional	Gas Natural	OCE
San Antonio El Sitio	San Antonio El Sitio	Renovable Distribuida	Gen. Nueva	Eólica	EGEN
Generadora Nacional	Oxec II	Renovable	Gen. Nueva	Hidro	DCC
Generadora Nacional	Visión del Águila	Renovable Distribuida	Gen. Nueva	Hidro	EGEN
Generadora Nacional	Raaxha	Renovable Distribuida	Gen. Nueva	Hidro	EGEN
Genor	Genor1	No Renovable	Gen. Existente	Bunker	OCE
Rainbow	Rainbow50	Renovable Distribuida	Gen. Nueva	Solar	EGEN

6 Modelo de Programación Lineal

La herramienta desarrollada para la evaluación de ofertas de compra de energía y potencia de largo plazo, cuenta básicamente con 3 módulos perfectamente identificados:

- **Entrada de datos:** Se confeccionó un archivo "Template de datos" en formato Excel que permite estandarizar, estructurar y restringir los datos que deben completarse a fin de alimentar el modelo de optimización. Los datos relativos a precios, parámetros y perfiles de los oferentes se corresponden con las distintas tablas diseñadas en las bases de licitación.
- **Modelo:** El modelo matemático, fue formulado en programación mixta (variables reales y variables enteras), utilizando el software Ilog OPL Studio. La programación permitió la importación de los datos de entrada, el establecimiento del conjunto de restricciones que la solución debe cumplir, el cálculo de la solución óptima y la exportación de resultados, a un archivo Excel "Generador de Base de Datos", con verificación del cumplimiento de la totalidad de restricciones establecidas en las Bases.
- **Salida de resultados:** El archivo "Generador de Base de Datos" contiene toda la información resultante de la optimización, además de la organización en forma de base de datos de la totalidad de los datos de entrada requeridos por el modelo. El archivo permite efectuar una trazabilidad de los resultados obtenidos, existiendo desplegables a través de los cuales cada una de las restricciones establecidas para el presente proyecto pueden ser analizadas y verificadas, a lo largo del tiempo y por oferente.

Se presenta a continuación, la función objetivo a minimizar, las ecuaciones de restricción sobre las variables del modelo y las fórmulas de cálculo del precio de la energía. Para lograr una mejor comprensión del modelo empleado, las restricciones son acompañadas por algunos resultados obtenidos a partir del procesamiento de la información recibida relativa a las 46 propuestas que resultaron aptas para formar parte del conjunto de soluciones. Dicha base de datos forma parte de la presente entrega, y se adjunta en formato Excel

6.1 Función Objetivo A Minimizar

Mínimo costo de suministro⁶

Se minimiza el costo de compra de energía y potencia a los oferentes.

Dada las características de los contratos por Diferencia de Curva de Carga (DCC) la herramienta de optimización fue preparada previendo la posibilidad de existencia de excedentes en la compra de energía a dichos contratos. Si esto ocurriera, el modelo asume que se tiene la posibilidad de venderlos al spot al mismo precio al cual se los compró.

Por otro lado, en caso que ocurrieran faltantes, se cubren los mismos con la generación de los oferentes virtuales.

$$FO = \sum_{A,M,O} (PC_{A,O} \times PPG_{O,M} \times 1000) + \sum_{A,M,H,O} (EC_{A,M,H,O} \times PE_{A,M,O})$$

Donde:

FO: Función objetivo

A: año, M: mes, H: hora y O: Oferente

PC: Potencia contratada (MW/mes)

PPG: Precio de la potencia garantizada (USD/kW/mes)

EC: Energía comprada (MWh)

PE: Precio de la energía ofertado

Los oferentes virtuales se encuentran dentro del listado de oferentes y son necesarios para lograr el cumplimiento de algunas restricciones de generación mínima.

⁶ (PEG-2, 2012)- Página 23

Nótese que si bien los oferentes pueden ofrecer potencia y energía para los años estacionales entre 2030 a 2034, la función objetivo y todas las restricciones del modelo, consideraron los años estacionales entre 2015 a 2029 (ver punto 2).

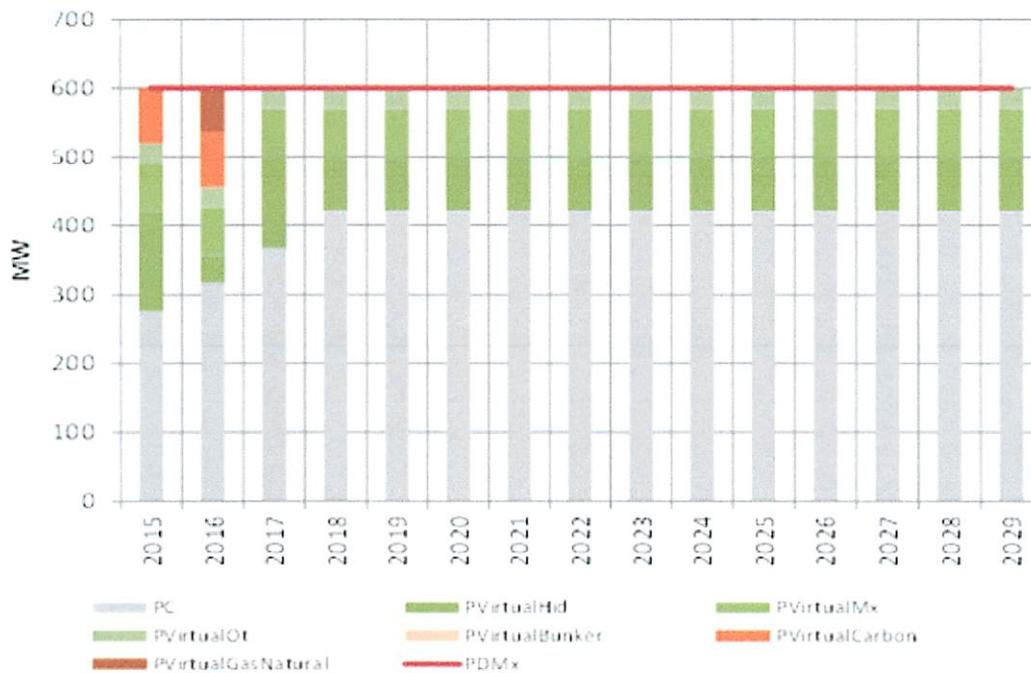
6.2 Ecuaciones de Restricción

En el presente apartado se listan las restricciones que han sido tenidas en cuenta al momento de correr el modelo de optimización. Cada restricción se acompaña de una gráfica a fin de facilitar la comprensión de la restricción definida. Algunas restricciones son generales y por ende los resultados gráficos representan la situación total de la optimización alcanzada, sin embargo existen restricciones que aplican a nivel individual de cada oferta y por consiguiente en el presente informe son utilizados ejemplos que confirman el cumplimiento de las mismas, sin embargo en el archivo Excel que acompaña al informe puede verificarse el cumplimiento de estas restricciones para la totalidad de las ofertas a las cuales estas restricciones aplican.

6.2.1 Ecuación 1 – Potencia Contratada Total

La suma de potencia contratada es de 600 MW para todos los Años Estacionales.

$$\sum_0 PC_{A,0} = 600MW \quad \forall A$$



El modelo ha evaluado a los Oferentes Virtuales tal como si fueran oferentes reales, permitiendo de esta manera que la herramienta obtenga una solución, dadas las restricciones de generación mínima. También ha sido importante la presencia de las ofertas virtuales, de manera de permitir que se alcance una solución considerando que ciertos oferentes prevén su ingreso en años posteriores al año 2015, por lo que en los años iniciales, ante déficit de contratación mínima, la Oferta Virtual es la encargada de satisfacer la restricción. Para dar posibilidad al modelo que se contrate a aquellos oferentes cuya fecha de entrada en operación es posterior al primer año estacional, el modelo dispuso de la alternativa de contratar potencia durante dichos años a los Oferentes Virtuales y luego a la entrada de los oferentes reales nuevos, dejó de contratar a los Virtuales, o al menos redujo la magnitud de la potencia contratada a los mismos en los primeros años. Nótese que existe una restricción que exige que la contratación a los oferentes debe ser

por igual cantidad de potencia para todos los años. Por lo anterior, es imposible que el modelo contrate potencia a un oferente real durante solamente 2 o 3 años y luego se le deje de contratar, a menos que se correspondan con oferentes dentro del grupo de generadores no renovables en operación, sin cambio tecnológico. Sin embargo para las Ofertas Virtuales esta restricción fue flexibilizada para salvar el hecho de fechas de entrada en operación de plantas superiores al primer año estacional.

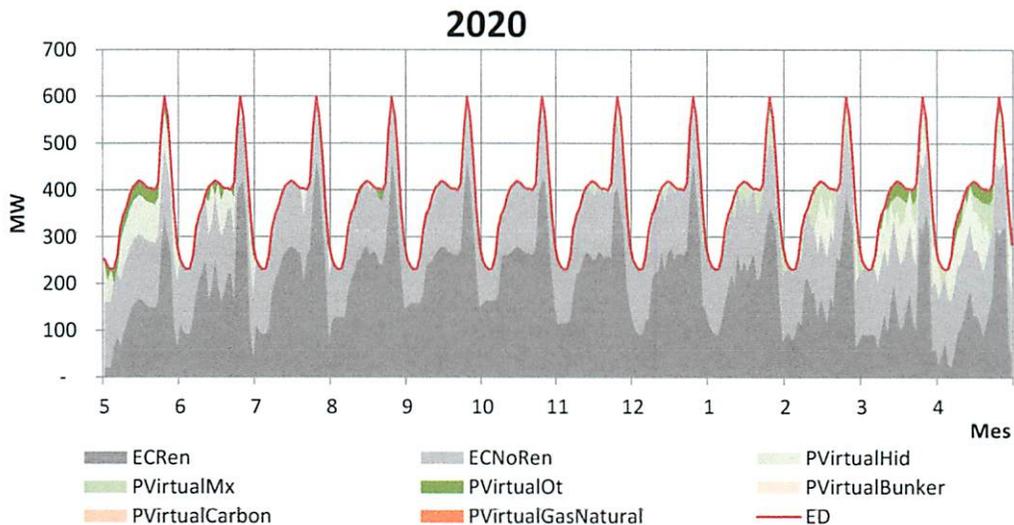
6.2.2 Ecuación 2 – Cobertura de la Demanda Energética de las Distribuidoras

La suma de las energías compradas para cada hora a los oferentes (incluyendo la energía de los oferentes virtuales), debe ser igual a la curva de demanda de las distribuidoras.

$$\sum_0 ECRen_{A,M,H,O} - ExcRen_{A,M,H,O} + \sum_0 ECNoRen_{A,M,H,O} = ETHD_{A,M,H} \quad \forall A, \forall M, \forall H$$

Siendo **ExcRen**, el excedente de energía que pudo surgir durante el proceso de optimización, dadas las características de los contratos por Diferencia de Curva de Carga (DCC). Tal como fuera indicado anteriormente, dicho excedente en la compra, fue asumido como factible de vender al spot al mismo precio al cual se compra.

A continuación se presenta el cumplimiento de la restricción para el año 2020.



Como se observa del gráfico anterior, el modelo ha cubierto todo el perfil demandado con la generación de los oferentes reales más los oferentes virtuales, minimizando a su vez el costo total de compra. La participación de la generación virtual se debe a que los oferentes reales han resultado escasos para cubrir el perfil requerido por las distribuidoras.

6.2.3 Ecuación 3 – Energía Mensual Garantizada

La energía comprada total mensual a los oferentes con contratos por "Diferencia de Curva de Carga" (DCC), debe ser igual a la energía total mensual garantizada.

$$Dias_{A,M} \times \sum_{H=1}^{24} ECRen_{A,M,H,O} = \frac{PC_{A,O}}{PGMX_{A,M,O}} \times EMG_{A,M,O}$$

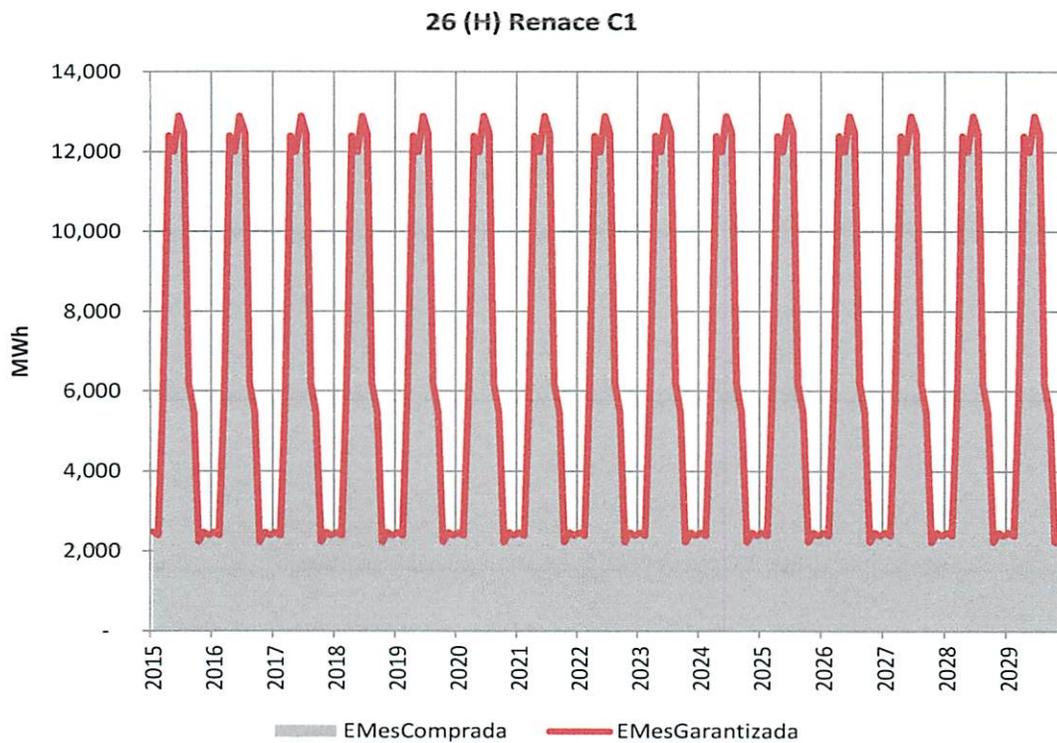
$$\forall A, \forall M, \forall O, \forall Contrato_O = "DCC"$$

Para el caso de estos oferentes, a los que se les debe comprar toda su energía, se reitera que se asumió dentro del modelo que en caso de que hubieran existido excedentes en la compra, se podría haber vendido esa energía sobrante al

spot al mismo precio que se la compró. Sin embargo, dadas las exigencias fijadas al perfil de carga de las plantas con este tipo de contratos (porcentajes máximos y mínimos de acuerdo a la banda horaria), no existieron excedentes.

La energía mensual garantizada indicada por el oferente, es referida a la potencia garantizada máxima. En caso de que la potencia contratada resultara menor que la potencia garantizada máxima, la energía mensual garantizada disminuye proporcionalmente.

Se presenta a continuación el cumplimiento de esta restricción usando por ejemplo al oferente Renace, en su planta Renace I.



6.2.4 Ecuación 4 – Energía Horaria Garantizada

La energía horaria comprada a un oferente con contrato del tipo DCC, debe ser igual al perfil porcentual comprometido multiplicado por la energía garantizada mensual.

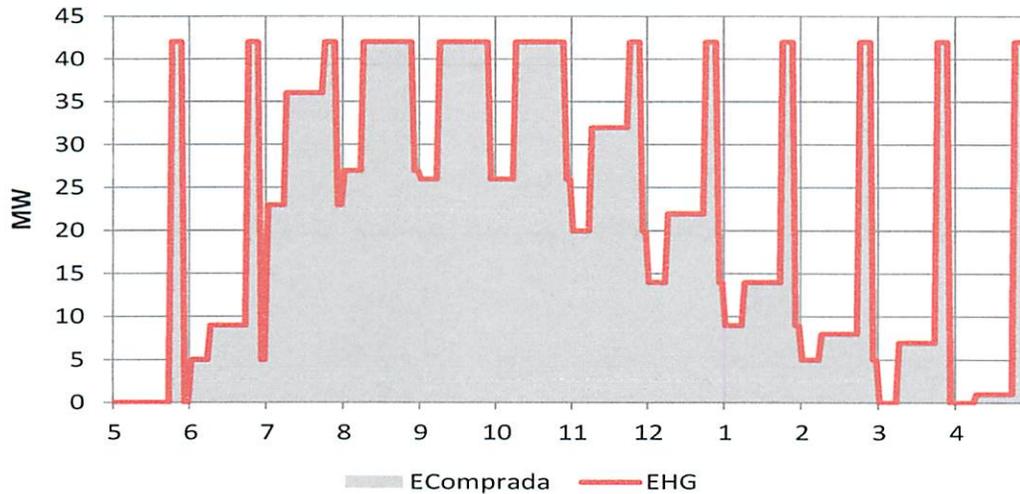
$$ECRen_{A,M,H,O} = PjeEHG_H \times \frac{PC_{A,O}}{PGMX_{A,M,O}} \times EG_{A,M,O}$$

$$\forall A, \forall M, \forall H, \forall O, \forall Contrato_0 = "DCC"$$

Esta restricción es similar a la ecuación anterior, salvo que ésta es evaluada para cada hora. Como para el caso de la restricción anterior, para esta restricción también se asume dentro del modelo que en caso de excedentes en la compra, se pueden vender dichos sobrantes al spot al mismo precio que se compran.

Se presenta a continuación, el cumplimiento de la restricción tomando como ejemplo al oferente Energía Limpia de Guatemala, en su planta Hidro Xacbal Delta para el año 2018, y el cumplimiento de esta restricción en forma mensual, comenzando en el mes 5, donde para cada mes la escala es un día de 24 horas.

2 (H) ELG 2018



Como se muestra en el gráfico anterior, la energía comprada hora a hora a este oferente representada por la superficie gris, coincide con su perfil garantizado representado por la línea roja.

6.2.5 Ecuación 5 – Potencia Máxima y Mínima

La Potencia Garantizada Máxima (PGMX) y la Potencia Garantizada Mínima (PGMN) son únicas para todo el periodo salvo para aquellos oferentes que entran en operación en un año posterior al 2015. Dichos valores están indicados en la propuesta técnica, para todos los años ofrecidos⁷. La Potencia comprada (PC) debe ser menor o igual a la PGMX y mayor o igual a la PGMN.

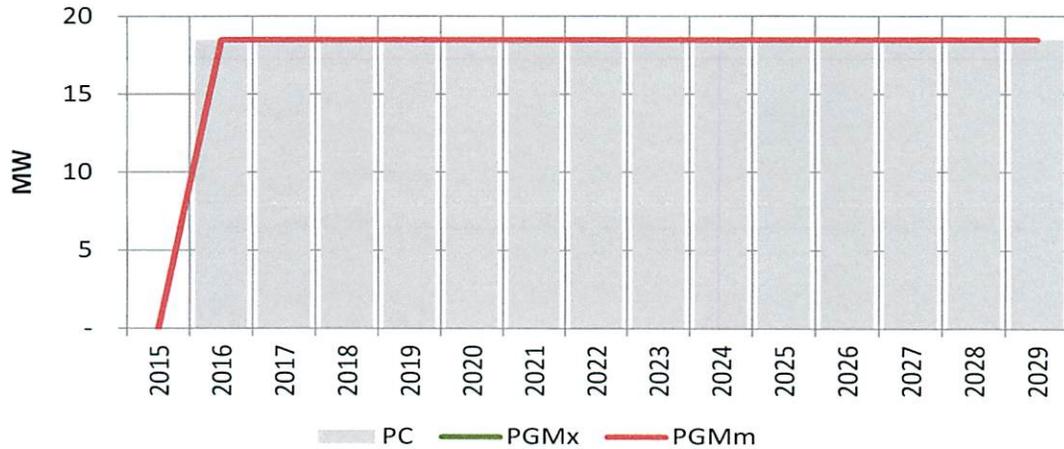
$$PC_o \leq ADJUDICADA_o \times PGMX_o \quad \forall o, \forall Contrato_o \neq EGEN$$

$$PC_o \geq ADJUDICADA_o \times PGMN_o \quad \forall o, \forall Contrato_o \neq EGEN$$

Se presenta a continuación, el cumplimiento de esta restricción tomando por ejemplo al oferente Hidroeléctrica San Mateo, en su planta Pojom San Mateo.

⁷ (PEG-2, 2012), pág. 33, segundo párrafo y pág. 34 - Tabla 1- Potencias Máximas y Mínimas discriminadas anualmente desde 2015 al 2030

6 (H) San Mateo



El modelo permite que el valor de potencia contratada varíe entre el límite mínimo y máximo o tome el valor cero en caso que no sea contratado, sin embargo no permitió que la contratación de potencia pueda ser diferente de un año para el otro, dada una oferta seleccionada. En el ejemplo, contrata al oferente en su máximo nivel, siendo una planta que entra en operación a partir del segundo año estacional (2016).

6.2.6 Ecuación 6 – Energía Generada Máxima⁸

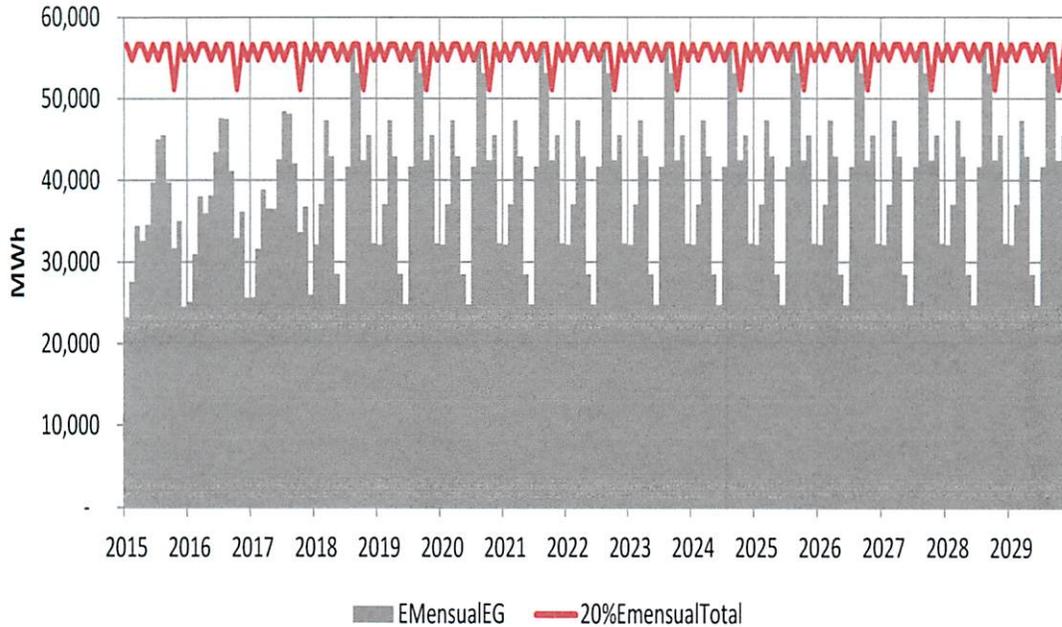
La energía total mensual comprada con Contratos de “Energía Generada”, debe ser menor o igual al 20% de la energía total mensual demandada por las distribuidoras.

$$Dias_{A,M} \times \sum_0 \left(\sum_{H=1}^{24} EC_{A,M,H,O} \right) \leq 20\% \times Dias_{A,M} \times \sum_{H=1}^{24} ETHD_{A,M,H}$$

$$\forall A, \forall M, \forall Contrato_O = EGEN$$

Se presenta a continuación el cumplimiento de esta restricción.

⁸ Se encuentra en (PEG-2, 2012) punto 5.3.2 pág. 25, inciso vi.



Como se observa en el gráfico anterior, esta restricción se cumple en forma plena.

6.2.7 Ecuación 7 y 8 – Límites de Energía Generada Mínima y Máxima⁹

La energía anual comprada a cada planta con contratos de “Energía Generada”, debe ser mayor o igual al 50% de la energía anual estimada ofrecida y menor que el 100% de la misma.

$$Dias_{A,M} \times \left(\sum_{H=1}^{24} EC_{A,M,H,O} \right) \geq 50\% \times EME_{A,M,O} \times ADJUDICADA_O$$

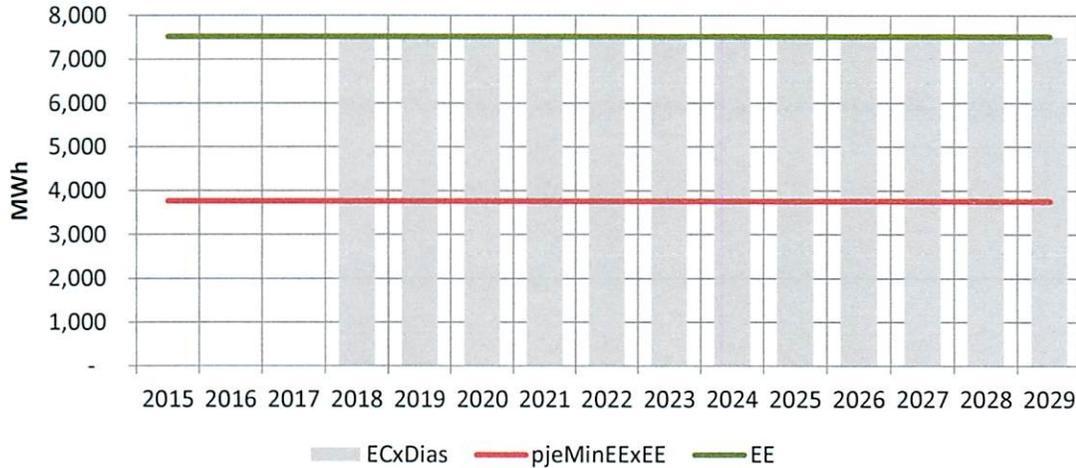
$$Dias_{A,M} \times \left(\sum_{H=1}^{24} EC_{A,M,H,O} \right) \leq 100\% \times EME_{A,M,O} \times ADJUDICADA_O$$

$$\forall A, \forall M, \forall O, \forall Contrato_O = EGEN$$

Se muestra a continuación el cumplimiento de estas restricciones tomando como ejemplo al oferente El Cedro, en su planta Hidrosan 1:

⁹ Esta restricción también se encuentra en (PEG-2, 2012) punto 5.3.2 pág. 25, inciso vi.

19 (GDR) El Cedro C1



Como se observa en el gráfico anterior, la energía contratada se sitúa en el máximo.

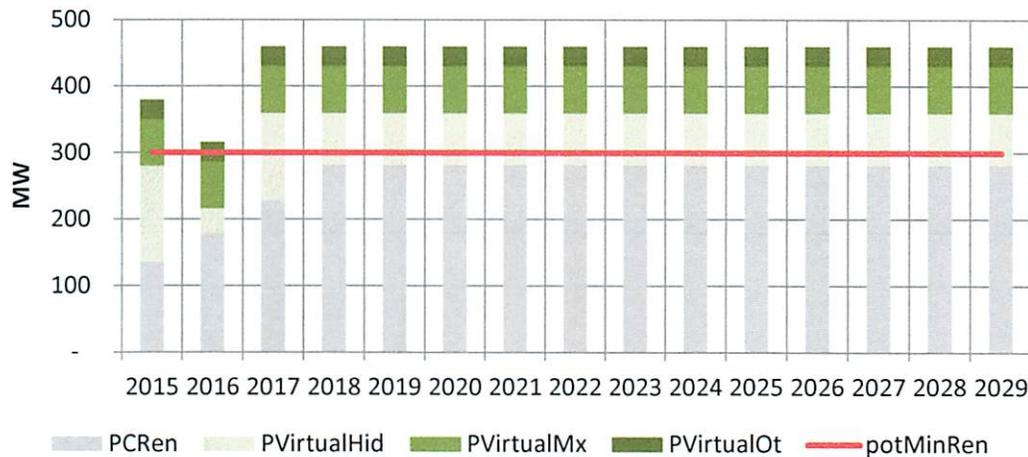
6.2.8 Ecuación 9 – Potencia Contratada mínima Renovable

La suma de las potencias a contratar a centrales con recursos renovables, debe ser como mínimo 300 MW.

$$\sum_0 PC_{A,0} \geq 300MW$$

$$\forall A, \forall Contrato_0 \neq EGEN, \forall Tipo_0 = Ren$$

Se presenta a continuación el cumplimiento de esta restricción.



Puede observarse la participación de los oferentes virtuales renovables, siendo en este caso necesarios para cumplir con la cuota mínima de contratación:

- Virtual_Hidro_Nueva (PVirtualHid),
- Virtual_Mixta_Nueva (PVirtualMx),
- Virtual_Otros_Nueva (PVirtualOt).

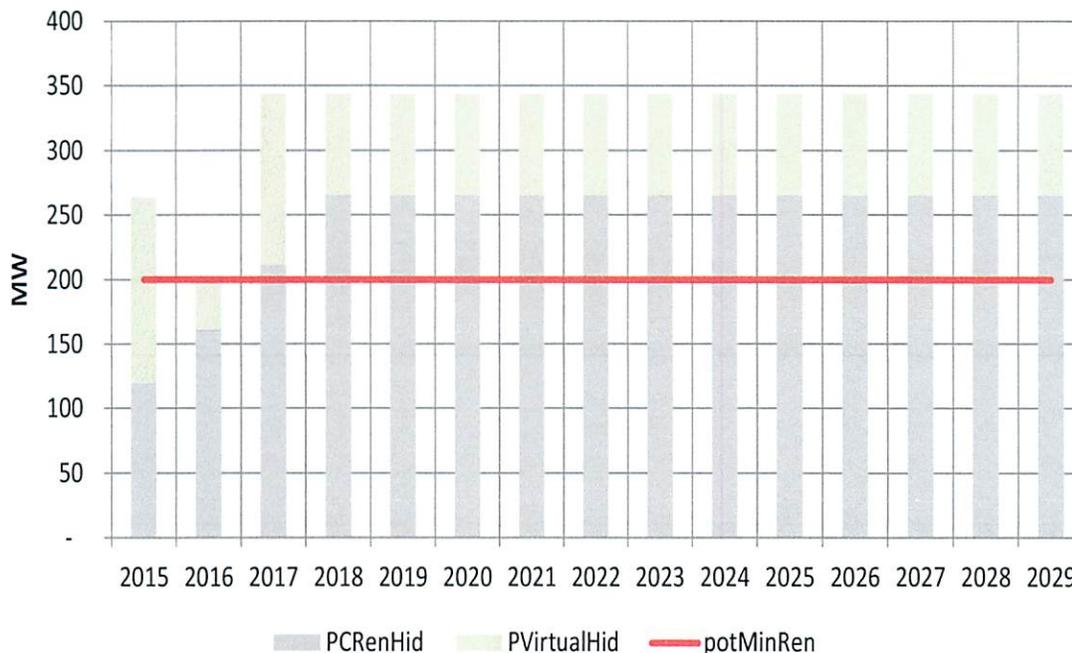
6.2.9 Ecuación 9 a – Potencia Contratada Hidráulica mínima

La suma de las potencias a contratar a centrales hidráulicas, debe ser como mínimo 200 MW.

$$\sum_0 PC_{A,0} \geq 200MW$$

$$\forall A, \forall Contrato_0 \neq EGEN, \forall Tipo_0 = Hidro$$

Se presenta a continuación el cumplimiento de esta restricción.



En el gráfico se aprecia que para cumplir con esta restricción, es necesaria la contratación de potencia del Oferente Virtual hidráulico solamente para los primeros dos años. Sin embargo, dicha contratación supera lo necesario en esta restricción con el objetivo de cumplir con la restricción 1.

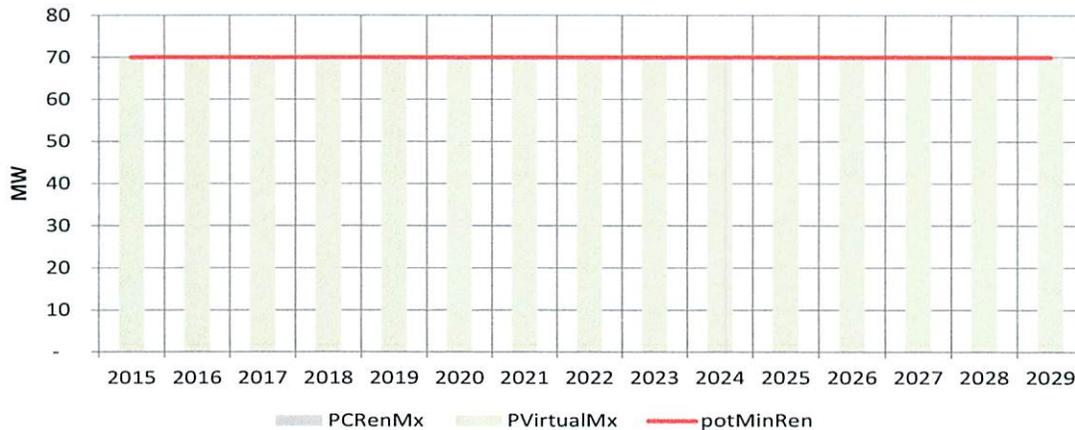
6.2.10 Ecuación 9 b – Potencia Contratada Mixta mínima

La suma de las potencias a contratar a centrales con tecnología mixta, debe ser como mínimo 70 MW.

$$\sum_0 PC_{A,0} \geq 70MW$$

$$\forall A, \forall Contrato_0 \neq EGEN, \forall Tipo_0 = Mixta$$

Se presenta a continuación el cumplimiento de esta restricción.



En el gráfico se aprecia que para cumplir con esta restricción, fue necesaria la contratación de potencia del Oferente Virtual de generación Mixta debido a que ninguna oferta real logró pasar el primer filtro por encontrarse precios monómicos de generación por encima de la Oferta Virtual o por haber resultado Ofertas No Válidas.

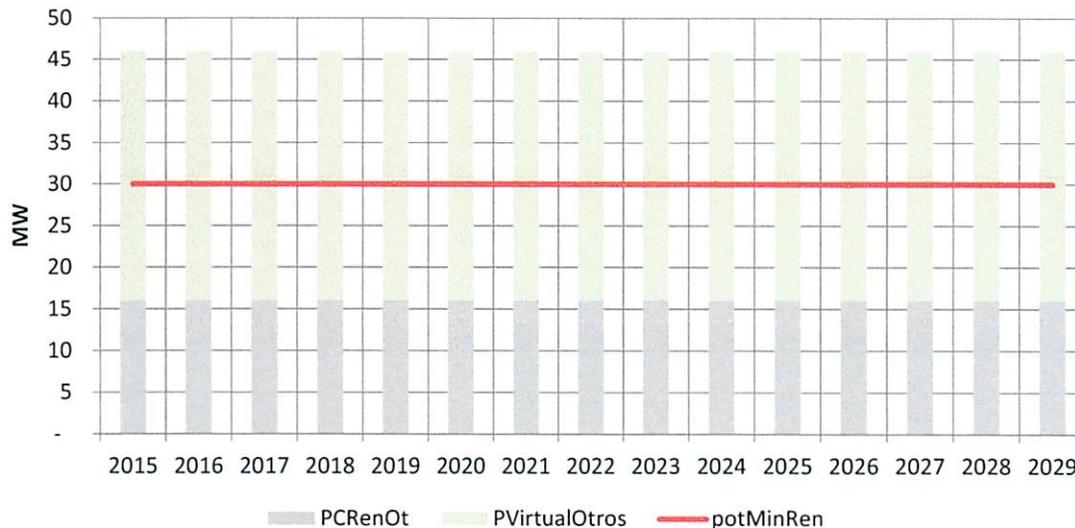
6.2.11 Ecuación 9 c – Potencia Contratada mínima Otros

La suma de las potencias a contratar a centrales Eólicas o que utilicen Biomasa u otros combustibles exceptuando las hidráulicas y las de tecnología mixta, debe ser como mínimo 30 MW.

$$\sum_0 PC_{A,0} \geq 30MW$$

$$\forall A, \forall Contrato_0 \neq EGEN, \forall Tipo_0 = Otros$$

Se presenta a continuación el cumplimiento de esta restricción.



En el gráfico se aprecia que para la solución óptima del modelo, es necesaria la contratación de potencia al Oferente Virtual "Otros", donde además la cuota se supera para cumplir con la restricción 1.

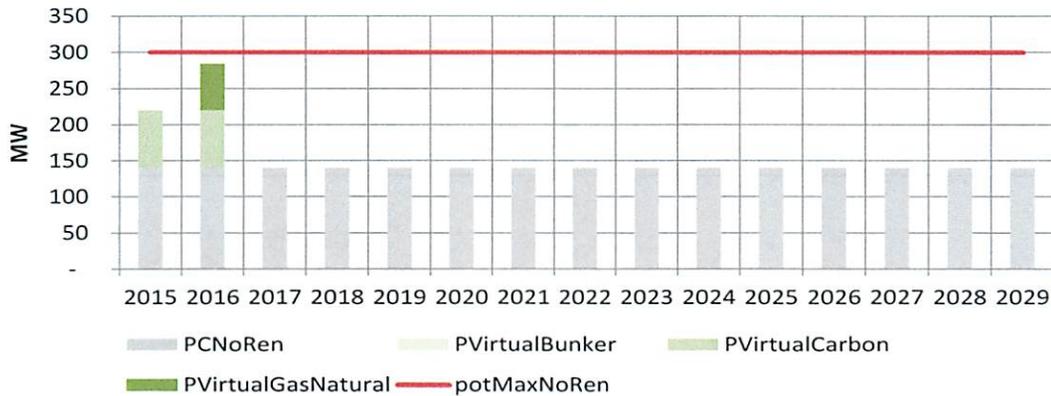
6.2.12 Ecuación 10 – Potencia Contratada Máxima No Renovable

La suma de las potencias contratadas a centrales con recursos no renovables debe ser como máximo 300 MW.

$$\sum_0 PC_{A,0} \leq 300MW$$

$$\forall A, \forall Contrato_0 \neq EGEN, \forall Tipo_0 = NoRen$$

Se presenta a continuación el cumplimiento de esta restricción.



Puede observarse en el gráfico superior, que la potencia contratada a oferentes con recursos No Renovables se encuentra por debajo del límite máximo establecido.

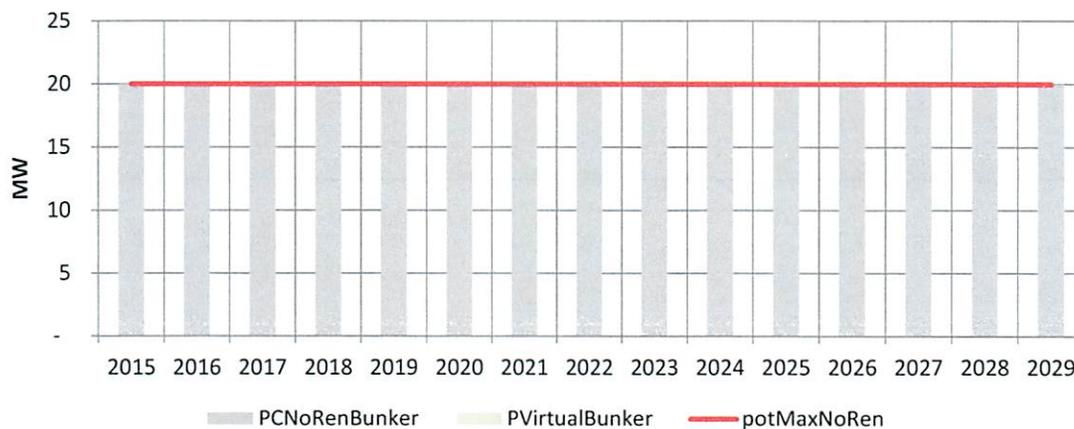
6.2.13 Ecuación 11a – Potencia Contratada Máxima No Renovable a Oferentes utilizando Bunker

La suma de las potencias contratadas a centrales con recursos no renovables que utilizan como combustible Bunker, debe ser como máximo 20 MW.

$$\sum_0 PC_{A,0} \leq 20MW$$

$$\forall A, \forall Contrato_0 \neq EGEN, \forall Combustible_0 = Bunker$$

Se presenta a continuación el cumplimiento de esta restricción.



Puede observarse en el gráfico superior, que en esta ocasión la potencia contratada a oferentes que utilizan Bunker iguala el máximo admisible.

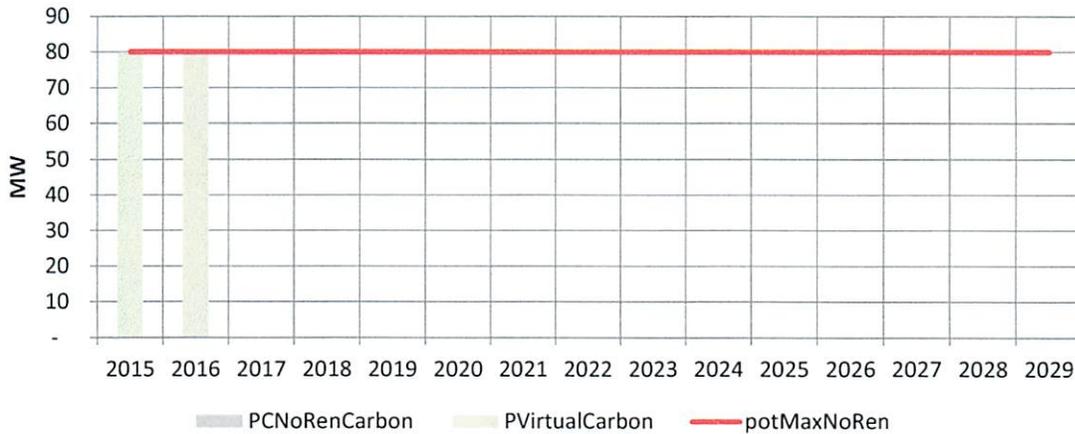
6.2.14 Ecuación 11b – Potencia Contratada Máxima No Renovable a Oferentes utilizando Carbón

La suma de las potencias contratadas a centrales con recursos no renovables de oferentes que utilicen como combustible Carbón debe ser como máximo 80 MW.

$$\sum_0 PC_{A,O} \leq 80MW$$

$$\forall A, \forall Contrato_0 \neq EGEN, \forall Combustible_0 = \text{Carbón}$$

Se presenta a continuación el cumplimiento de esta restricción.



Puede observarse en el gráfico superior, que la potencia contratada a oferentes que utilizarán carbón, se encuentra por debajo del límite máximo, con lo cual la restricción es satisfecha.

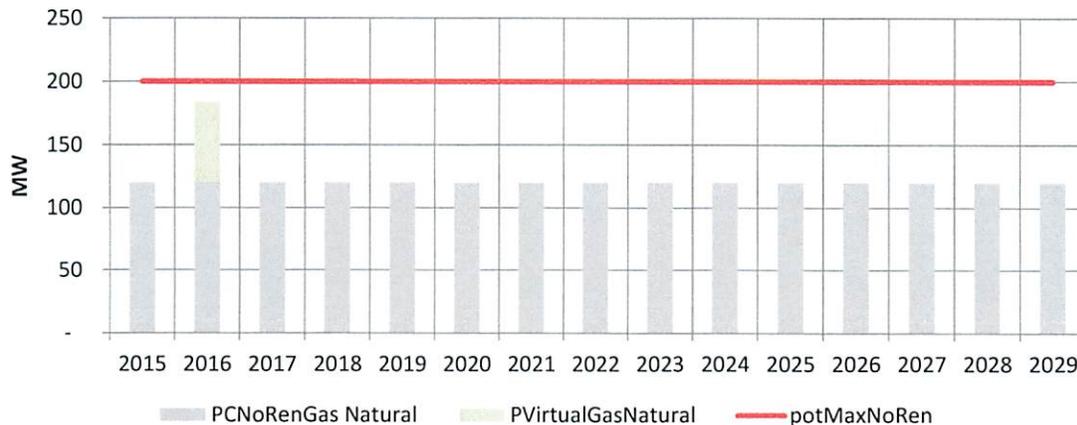
6.2.15 Ecuación 11c – Potencia Contratada Máxima No Renovable a Oferentes utilizando Gas Natural

La suma de las potencias contratadas a centrales con recursos no renovables que utilizan como combustible Gas Natural, debe ser como máximo 200 MW.

$$\sum_0 PC_{A,O} \leq 200MW$$

$$\forall A, \forall Contrato_0 \neq EGEN, \forall Combustible_0 = \text{Gas Natural}$$

Se presenta a continuación el cumplimiento de esta restricción.



Puede observarse en el gráfico superior, que la potencia contratada a oferentes que utilizan Gas Natural se encuentra por debajo del límite máximo.

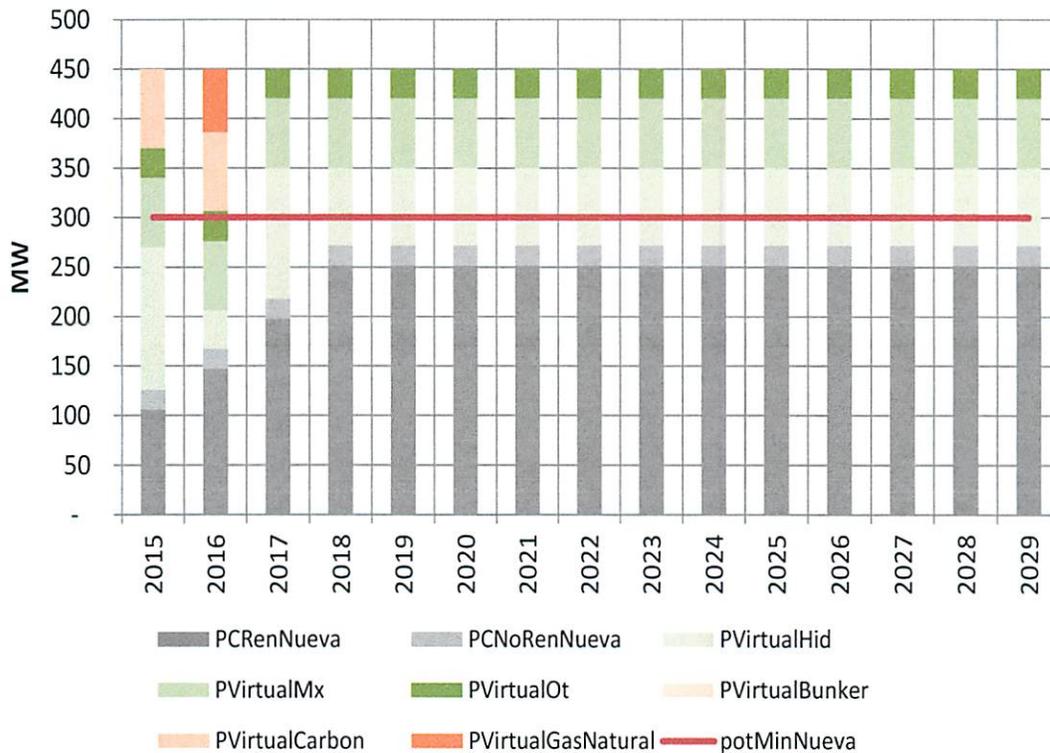
6.2.16 Ecuación 12 – Potencia Contratada Mínima a Oferentes Nuevos

La suma de las potencias compradas a plantas nuevas debe ser como mínimo 300 MW.

$$\sum_0 PC_{A,0} \geq 300MW$$

$$\forall A, \forall Contrato_0 \neq EGEN, \forall Estado_0 = Nueva$$

Se presenta a continuación el cumplimiento de esta restricción:



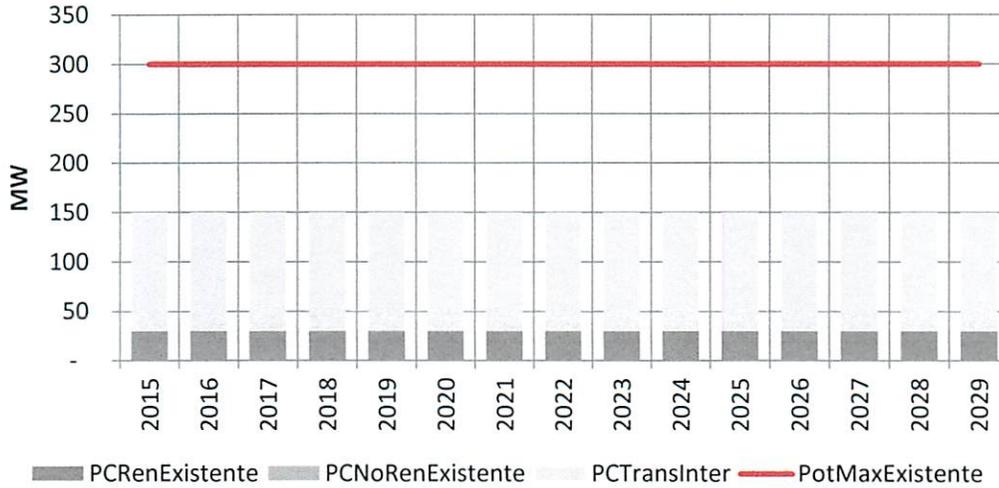
6.2.17 Ecuación 13 – Potencia Contratada Máxima a Oferentes Existentes y Transacciones Internacionales

La suma de las potencias compradas a plantas existentes y/o Transacciones Internacionales, debe ser como máximo 300 MW.

$$\sum_0 PC_{A,0} \leq 300MW$$

$$\forall A, \forall Contrato_0 \neq EGEN, \forall Estado_0 = Existente, TI$$

Se presenta a continuación el cumplimiento de esta restricción:



Como se observa en el gráfico anterior, la restricción es cumplida con holgura.

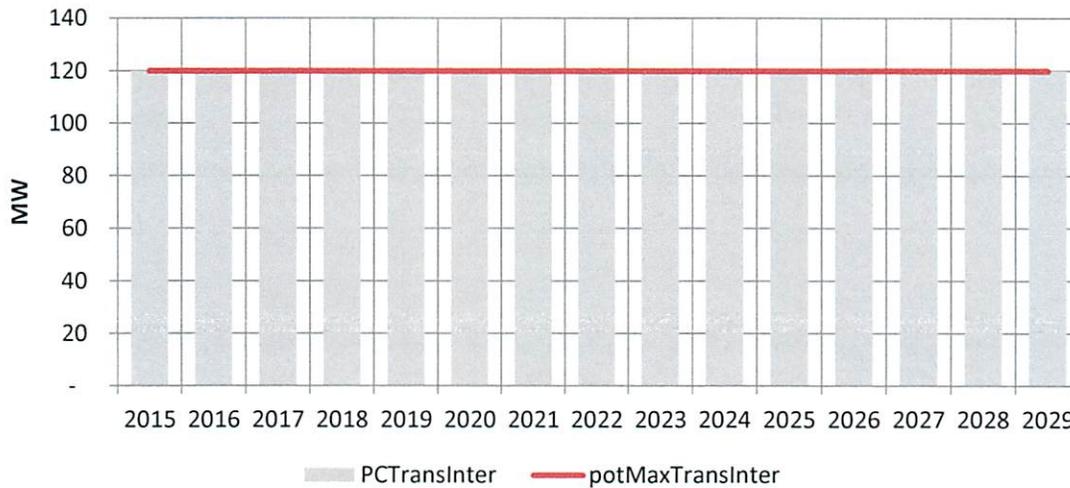
6.2.18 Ecuación 14 - Potencia Contratada máxima en Transacciones Internacionales.

La suma de las potencias compradas en Transacciones Internacionales puede ser como máximo 120 MW.

$$\sum_0 PC_{A,0} \leq 120MW$$

$$\forall A, \forall Contrato_0 \neq EGEN, \forall Estado_0 = TI$$

Se muestra a continuación, el cumplimiento de esta restricción.



La restricción es satisfecha por el único oferente que presentó una Transacción Internacional. Dicho oferente es Energía del Caribe con su planta Energía del Caribe MIER-México.

6.2.19 Ecuación 15 – Mínima Energía Anual Contratada en contratos DCC

El factor de carga anual de la energía comprada en contratos tipo DCC debe ser igual o superior al 40%.

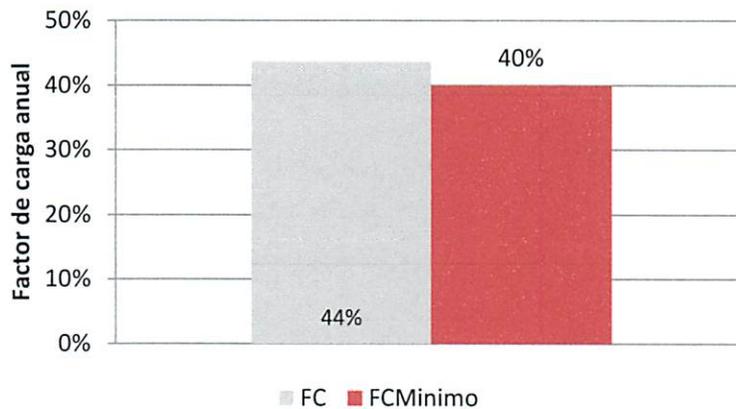
$$\sum_M \left(Dias_{A,M} \times \sum_{H=1}^{24} EC_{A,M,H,O} \right) \geq \sum_M \left(Dias_{A,M} \times \sum_{H=1}^{24} 40\% \times PC_{A,O} \right)$$

$$\forall A, \forall Contrato_o = DCC$$

Esta restricción será controlada ex ante de la modelación. Si un oferente no cumple directamente con esta condición, no es considerado técnicamente solvente y consecuentemente no tenido en cuenta dentro del set de oferentes a evaluar dentro del modelo.

Se presenta a continuación, el cumplimiento de esta restricción, tomando como ejemplo al oferente Hidrosacpur y su planta El Cafetal.

35 (H) Hidrosacpur C2



Como se observa en el gráfico anterior, la energía contratada para este oferente, supera el límite mínimo exigido para cada año, siendo su factor de carga de 44%.

6.2.20 Ecuación 16 – Mínima Energía Mensual Contratada en contratos tipo DCC

El factor de carga mensual de la energía comprada en contratos DCC debe ser igual o superior al 16%.

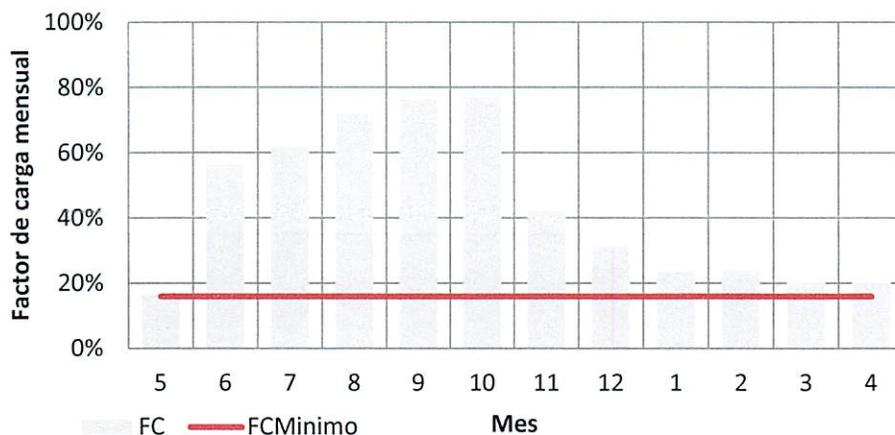
$$Dias_{A,M} \times \sum_{H=1}^{24} EC_{A,M,H,O} \geq Dias_{A,M} \times \sum_{H=1}^{24} 16\% \times PC_{A,O}$$

$$\forall A, \forall M, \forall Contrato_o = DCC$$

Esta restricción fue controlada ex ante la modelación. Si un oferente incumple esta restricción directamente no es considerado técnicamente solvente y consecuentemente no es tenido en cuenta dentro del set de oferentes a evaluar dentro del modelo.

Se presenta a continuación, el cumplimiento de esta restricción, tomando como ejemplo al oferente Hidrosacpur y su planta El Cafetal.

35 (H) Hidrosacpur C2



Como se observa en el gráfico anterior, la energía contratada a este oferente, supera el límite mínimo exigido para cada mes.

6.2.21 Ecuación 17 – Energía Renovable, No Renovable y Total

Estas restricciones aplican solo para los oferentes Mixtos que ofrecen generación renovable durante algunos meses y no renovable durante el resto del año.

$$\begin{aligned}
 ECRen_{A,M,H,O} &= EC_{A,M,H,O} \\
 ECNoRen_{A,M,H,O} &= 0 \\
 \forall A, \forall M \in \text{Periodo Renovable}, \forall H, \forall O \in \text{Mixtos} \\
 ECRen_{A,M,H,O} &= 0 \\
 ECNoRen_{A,M,H,O} &= EC_{A,M,H,O} \\
 \forall A, \forall M \in \text{Periodo No Renovable}, \forall H, \forall O \in \text{Mixtos}
 \end{aligned}$$

La aplicación de estas restricciones exige que durante los meses en la que su operación es “renovable” se compre a este oferente energía renovable al precio de dicha energía y durante los meses en que su operación es “no renovable” se compre al mismo oferente energía no renovable al precio de la energía no renovable.

No existieron oferentes con tecnología mixta que pasarán el filtro dado por los precios monómicos de generación dados por la Oferta Virtual Biomasa/Carbón, por lo que esta restricción no fue necesaria implementar.

6.2.22 Ecuación 18 – Potencia Contratada a Oferentes con Contratos de Energía Generada

La potencia contratada de este tipo de oferentes es igual a cero. En otras palabras, los mismos no garantizan potencia, solo garantizan energía.

$$\begin{aligned}
 PC_{A,O} &\leq 0MW \\
 \forall A, \forall O, \forall Contrato_O &= EGEN
 \end{aligned}$$

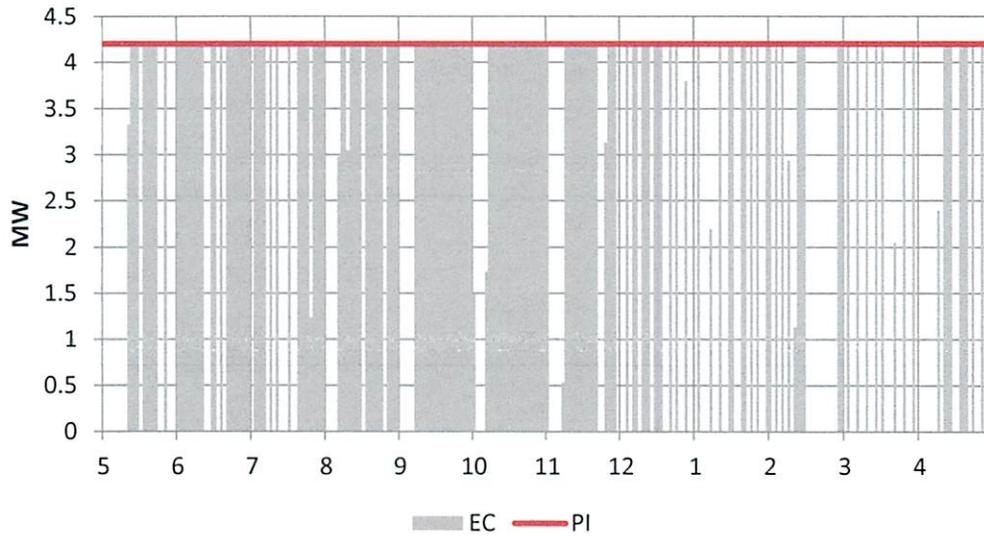
6.2.23 Ecuación 19 – Energía Contratada versus Potencia Instalada en Contratos de Energía Generada

Para el caso de este tipo de contratos, se debe cumplir que para cada hora, la energía a comprar sea inferior a la potencia instalada del oferente.

$$\begin{aligned}
 EC_{A,M,H,O} &\leq PI_O \\
 \forall A, \forall M, \forall H, \forall O, \forall Contrato_O &= EGEN
 \end{aligned}$$

A continuación se muestra el cumplimiento de esta restricción para el caso del Oferente AGEN, en su planta San Rafael.

4 (GDR) AGEN 2017



Como se observa en el gráfico anterior, la energía es igual o inferior a la potencia instalada.

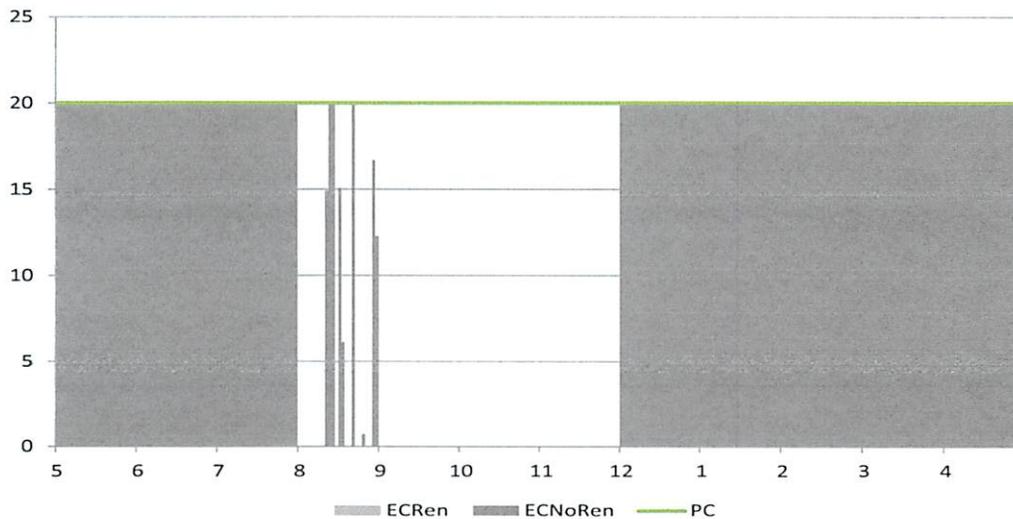
6.2.24 Ecuación 20 – Energía y Potencia Contratada

La energía contratada a cada oferente para cada hora, debe ser siempre inferior a la potencia contratada, salvo para los oferentes con contrato del tipo Energía Generada (EGEN).

$$EC_{A,M,H,O} \leq PC_{A,O} \quad \forall A, \forall M, \forall H, \forall O, \forall Contrato_O \neq EGEN$$

Se presenta a continuación, el cumplimiento de esta restricción tomando por ejemplo al oferente Grupo Generador de Oriente, en su planta Grupo Generador de Oriente, para el año 2020.

32 (B) Grupo Generador 2020



6.3 Fórmulas de Precio

Dependiendo del tipo de combustible es la fórmula del precio de la energía y su evolución en el tiempo. Se presentan a continuación 3 grupos de fórmulas.

6.3.1 Precio de la Energía Oferentes con combustibles No Renovables

Para calcular el precio de la energía de cada oferente cuyo combustible sea no renovable, dependerá del combustible:

Oferentes cuyo combustible es el **Bunker**:

$$PE_{A,M,O} = CTUNG_O \times F_{0,A,M} \times k_M + CI_O + OyM_O \times \frac{PPI_M}{PPI_0}$$

$$\forall A, \forall M, \forall O, \forall Contrato_O = NoRen$$

Oferentes cuyo combustible sea el **Carbón**:

$$PE_{A,M,O} = CTUNG_O \times (F_{0,A,M} \times k_M + FA_C) + CCT + CI_O + OyM_O \times \frac{PPI_M}{PPI_0}$$

$$\forall A, \forall M, \forall O, \forall Contrato_O = NoRen$$

Oferentes cuyo combustible sea el **Gas Natural Brent**:

$$PE_{A,M,O} = CTUNG_O \times F_{0,A,M} \times k_M \times FA_{GN} + CI_O + OyM_O \times \frac{PPI_M}{PPI_0}$$

$$\forall A, \forall M, \forall O, \forall Contrato_O = NoRen$$

Oferentes cuyo combustible sea el **Gas Natural Henry Hub**:

$$PE_{A,M,O} = CTUNG_O \times (F_{0,A,M} \times k_M + FA_{GN}) + CI_O + OyM_O \times \frac{PPI_M}{PPI_0}$$

$$\forall A, \forall M, \forall O, \forall Contrato_O = NoRen$$

Precio de la Energía Oferentes con combustibles Renovable

Contratos OCE y DCC

Esta es la fórmula utilizada para calcular el precio de la energía de cada oferente cuyo combustible es renovable salvo para los oferentes con contratos del tipo Energía Generada.

$$PE_{A,M,O} = PEO_O + OyM_O \times \frac{PPI_M}{PPI_0}$$

$$\forall A, \forall M, \forall O, \forall Contrato_O = Ren, \forall Contrato_O \neq EGENER$$

Contrato tipo "Energía Generada"

Esta es la fórmula utilizada para calcular el precio de la energía de estos oferentes.

$$PE_{A,M,O} = PEO_O \times \frac{PPI_M}{PPI_0}$$

$$\forall A, \forall M, \forall Contrato_O = EGENER$$

Donde a diferencia de los otros oferentes renovables, el PEO_O ya lleva incluido los OyM y además se indexa este último por variación del PPI.

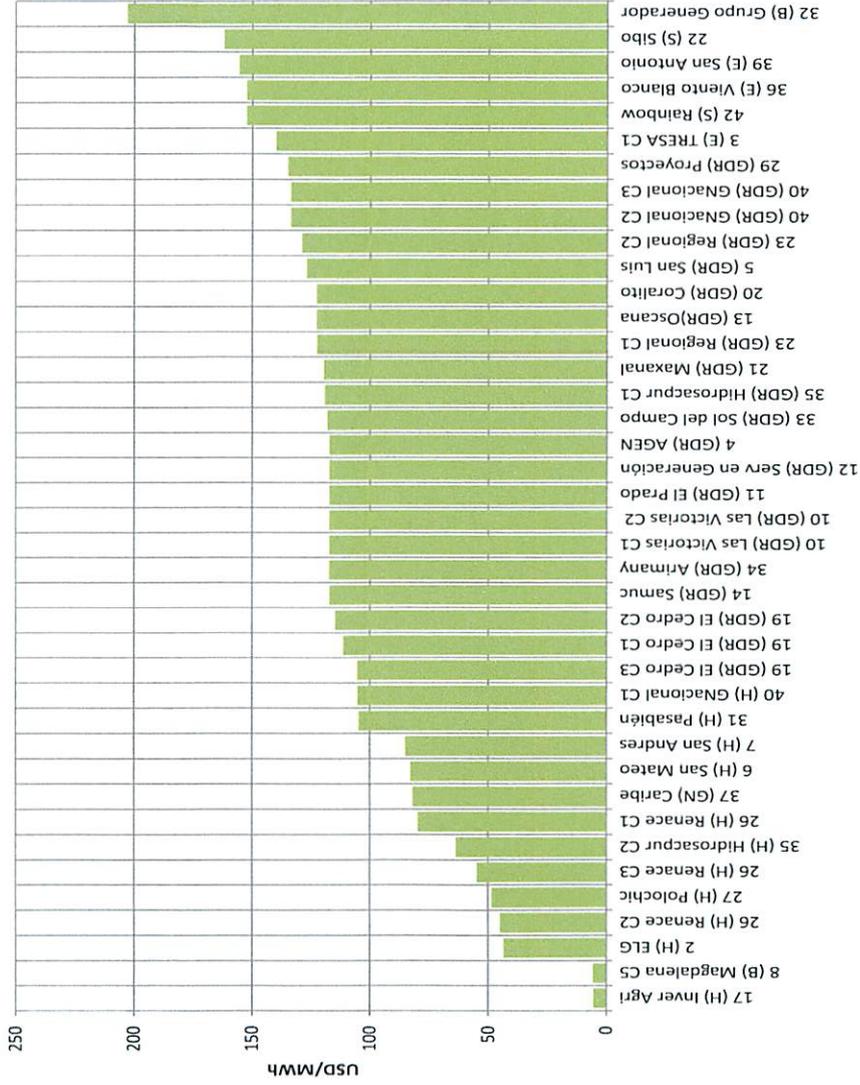
Evolución de los Precios de Energía

Se presenta a continuación, la evolución de los Precios de energía de las ofertas modeladas.

Oferente	Recurso	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	Promedio
17 (H) Inver Agri	Ren	5	5	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
8 (B) Magdalena C5	Ren	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
2 (H) ELG	Ren	43	43	43	43	43	43	43	43	44	44	44	44	44	44	44	43
26 (H) Renace C2	Ren	44	44	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	46	46	46	45
27 (H) Polochic	Ren	48	48	48	48	48	48	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49
26 (H) Renace C3	Ren	54	54	54	54	54	55	55	55	55	55	55	55	55	56	56	55
35 (H) Hidrosacpur C2	Ren	63	63	63	63	63	63	64	64	64	64	64	64	64	65	65	64
26 (H) Renace C1	Ren	79	79	79	79	79	79	80	80	80	80	80	81	81	81	81	80
37 (GN) Caribe	NoRen	71	72	73	74	75	77	79	82	84	86	88	90	92	93	95	82
6 (H) San Mateo	Ren	82	82	82	82	82	82	83	83	83	83	83	84	84	84	84	83
7 (H) San Andres	Ren	84	84	84	84	85	85	85	85	85	85	86	86	86	86	87	85
31 (H) Pasabién	Ren	103	104	104	104	104	104	105	105	105	105	105	106	106	106	106	105
40 (H) GNacional C1	Ren	104	104	104	104	105	105	105	105	105	106	106	106	106	107	107	105
19 (GDR) El Cedro C3	Ren	90	92	94	96	98	101	103	105	107	110	112	115	117	120	123	106
19 (GDR) El Cedro C1	Ren	95	97	99	101	104	106	108	111	113	116	119	121	124	127	130	111
19 (GDR) El Cedro C2	Ren	98	100	102	105	107	109	112	114	117	119	122	125	128	131	133	115
14 (GDR) Samuc	Ren	100	102	105	107	109	112	114	117	119	122	125	128	131	133	136	117
34 (GDR) Arimany	Ren	100	102	105	107	109	112	114	117	119	122	125	128	131	133	136	117
10 (GDR) Las Victorias C1	Ren	100	102	105	107	109	112	114	117	119	122	125	128	131	133	136	117
10 (GDR) Las Victorias C2	Ren	100	102	105	107	109	112	114	117	119	122	125	128	131	133	136	117
11 (GDR) El Prado	Ren	100	102	105	107	109	112	114	117	119	122	125	128	131	133	136	117
12 (GDR) Serv en Generación	Ren	100	102	105	107	109	112	114	117	119	122	125	128	131	133	136	117
4 (GDR) AGEN	Ren	100	102	105	107	109	112	114	117	119	122	125	128	131	134	137	117
33 (GDR) Sol del Campo	Ren	101	103	105	108	110	113	115	118	120	123	126	129	132	134	138	118
35 (GDR) Hidrosacpur C1	Ren	102	104	106	109	111	114	116	119	122	124	127	130	133	136	139	119
21 (GDR) Maxanal	Ren	102	104	107	109	112	114	117	119	122	125	127	130	133	136	139	120
23 (GDR) Regional C1	Ren	104	107	109	112	114	117	119	122	125	128	130	133	136	139	143	123
13 (GDR) Oscana	Ren	105	107	109	112	114	117	119	122	125	128	131	133	136	140	143	123
20 (GDR) Coralito	Ren	105	107	109	112	114	117	119	122	125	128	131	133	136	140	143	123
5 (GDR) San Luis	Ren	108	111	113	116	118	121	124	126	129	132	135	138	141	144	148	127
23 (GDR) Regional C2	Ren	110	112	115	117	120	123	126	128	131	134	137	140	144	147	150	129
40 (GDR) GNacional C2	Ren	114	116	119	122	124	127	130	133	136	139	142	145	149	152	155	134
40 (GDR) GNacional C3	Ren	114	116	119	122	124	127	130	133	136	139	142	145	149	152	155	134
29 (GDR) Proyectos	Ren	115	118	120	123	126	128	131	134	137	140	144	147	150	153	157	135
3 (E) TRESA C1	Ren	119	122	125	128	130	133	136	139	142	146	149	152	156	159	163	140
42 (S) Rainbow	Ren	130	133	136	139	142	145	148	152	155	159	162	166	170	173	177	152
36 (E) Viento Blanco	Ren	130	133	136	139	142	145	148	152	155	159	162	166	170	173	177	152
39 (E) San Antonio	Ren	132	135	139	142	145	148	151	155	158	162	165	169	173	177	181	156
22 (S) Sibó	Ren	138	141	144	148	151	154	158	161	165	169	172	176	180	184	188	162
32 (B) Grupo Generador	NoRen	189	191	195	196	198	200	202	205	207	208	210	210	210	211	212	203

En el siguiente gráfico, se presentan los precios de la energía promedio del periodo 2015 – 2029 para el set de ofertas sujetas a optimización.

Precio de la Energía Promedio 2015 - 2029



7 Resultados del Modelo

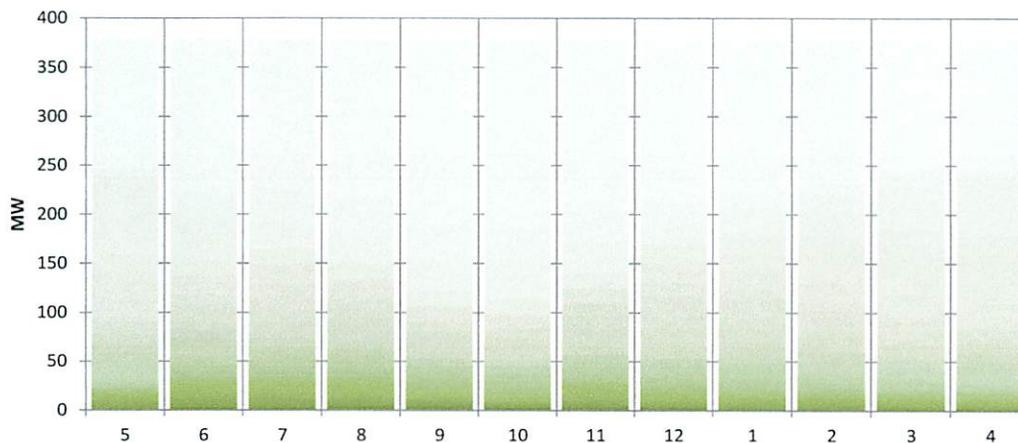
7.1 Ofertas seleccionadas

Además de la verificación del cumplimiento de la totalidad de las restricciones que la solución debe satisfacer, se presentan a continuación los resultados obtenidos los cuales es posible consultar en el archivo Excel adjunto al presente documento. La solución óptima encontrada seleccionó las siguientes plantas:

Oferente	Tipo Generación	Estado	Adjudicada	Energía (MWh)	PG (MW)	PGMn (MW)	PGMx (MW)	Pl Energía Generada (MW)	PPC (USD/kWh/mi)	PE (USD/MW)	Monómico (USD/MWh)
32 (B) Grupo Generador	NoRen	Nueva	Si	1,955,165	20.00	10.00	20.00	-	9.30	202.08	222
37 (GN) Caribe	NoRen	TransInter	Si	15,673,757	120.00	100.00	120.00	-	29.98	82.03	131
11 (GDR) El Prado	Ren	Existente	Si	23,683	-	-	-	0.70	-	117.27	117
12 (GDR) Serv en Generación	Ren	Existente	Si	44,569	-	-	-	0.70	-	117.02	117
26 (H) Renace C1	Ren	Existente	Si	1,184,842	20.00	20.00	20.00	-	-	79.80	110
31 (H) Pasabién	Ren	Existente	Si	633,964	9.79	9.00	9.79	-	-	104.77	127
2 (H) ELG	Ren	Nueva	Si	2,506,348	42.00	42.00	42.00	-	-	43.56	148
3 (E) TRESA C1	Ren	Nueva	Si	966,707	-	-	-	30.00	-	144.51	145
4 (GDR) AGEN	Ren	Nueva	Si	294,487	-	-	-	4.20	-	117.00	117
5 (GDR) San Luis	Ren	Nueva	Si	127,257	-	-	-	2.00	-	126.28	126
6 (H) San Mateo	Ren	Nueva	Si	1,358,886	18.50	18.50	18.50	-	-	82.95	115
7 (H) San Andres	Ren	Nueva	Si	377,737	6.75	6.75	6.75	-	-	85.22	121
8 (B) Magdalena C5	Ren	Nueva	Si	2,102,400	16.00	12.00	16.00	-	-	5.59	137
10 (GDR) Las Victorias C1	Ren	Nueva	Si	45,047	-	-	-	0.75	-	117.03	117
10 (GDR) Las Victorias C2	Ren	Nueva	Si	53,233	-	-	-	0.95	-	117.00	117
13 (GDR) Oscana	Ren	Nueva	Si	137,665	-	-	-	1.75	-	122.15	122
14 (GDR) Samuc	Ren	Nueva	Si	108,132	-	-	-	1.50	-	119.77	120
17 (H) Inver Agri	Ren	Nueva	Si	656,055	8.12	8.12	8.12	-	-	5.57	137
19 (GDR) El Cedro C1	Ren	Nueva	Si	88,290	-	-	-	1.50	-	114.97	115
19 (GDR) El Cedro C2	Ren	Nueva	Si	84,999	-	-	-	1.50	-	118.47	118
19 (GDR) El Cedro C3	Ren	Nueva	Si	71,550	-	-	-	1.00	-	105.56	106
20 (GDR) Coralito	Ren	Nueva	Si	154,365	-	-	-	1.75	-	122.17	122
21 (GDR) Maxanal	Ren	Nueva	Si	100,618	-	-	-	2.10	-	120.89	121
22 (S) Sibó	Ren	Nueva	Si	141,647	-	-	-	5.00	-	160.36	160
23 (GDR) Regional C1	Ren	Nueva	Si	72,112	-	-	-	2.00	-	122.40	122
23 (GDR) Regional C2	Ren	Nueva	Si	165,887	-	-	-	3.10	-	128.41	128
26 (H) Renace C2	Ren	Nueva	Si	5,245,020	90.00	60.00	90.00	-	-	45.08	116
26 (H) Renace C3	Ren	Nueva	Si	2,262,672	40.00	30.00	40.00	-	-	55.00	117
27 (H) Polochic	Ren	Nueva	Si	492,688	10.00	10.00	10.00	-	-	48.70	136
29 (GDR) Proyectos	Ren	Nueva	Si	173,644	-	-	-	3.00	-	134.26	134
33 (GDR) Sol del Campo	Ren	Nueva	Si	109,737	-	-	-	1.90	-	119.19	119
34 (GDR) Arimany	Ren	Nueva	Si	369,496	-	-	-	5.00	-	117.26	117
35 (GDR) Hidrosacpur C1	Ren	Nueva	Si	164,419	-	-	-	3.71	-	120.52	121
35 (H) Hidrosacpur C2	Ren	Nueva	Si	321,664	6.00	6.00	6.00	-	-	63.82	118
36 (E) Viento Blanco	Ren	Nueva	Si	678,825	-	-	-	21.00	-	151.95	152
39 (E) San Antonio	Ren	Nueva	Si	1,470,158	-	-	-	50.00	-	154.41	154
40 (H) GNacional C1	Ren	Nueva	Si	1,005,370	14.00	14.00	14.00	-	-	105.59	126
40 (GDR) GNacional C2	Ren	Nueva	Si	120,452	-	-	-	1.90	-	133.30	133
40 (GDR) GNacional C3	Ren	Nueva	Si	256,340	-	-	-	5.00	-	132.52	133
42 (S) Rainbow	Ren	Nueva	Si	1,096,013	-	-	-	50.00	-	152.38	152

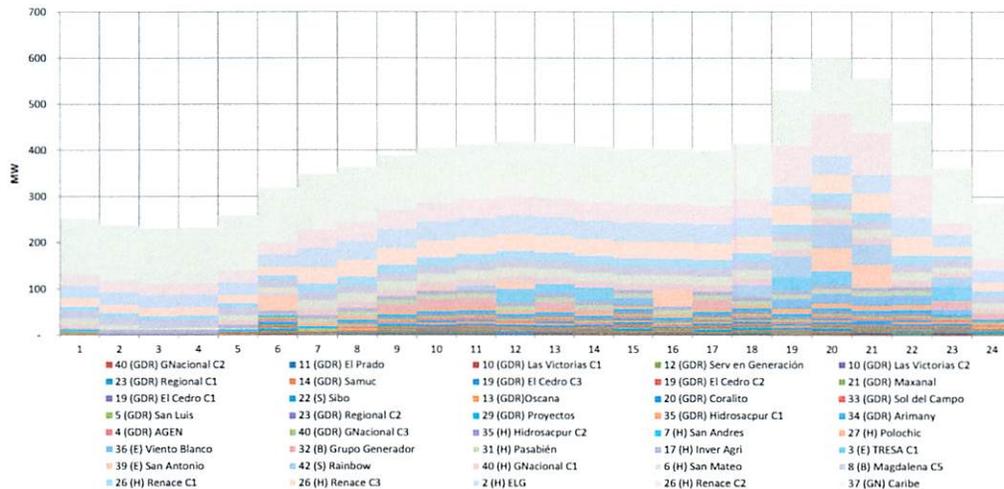
En el siguiente gráfico, se muestra la compra de energía total (expresada como potencia media) por oferente para el año 2020 (Se destaca que en el archivo #Generador de Base de Datos", todo año puede ser consultado).

Energía Mensual Contratada - año 2020



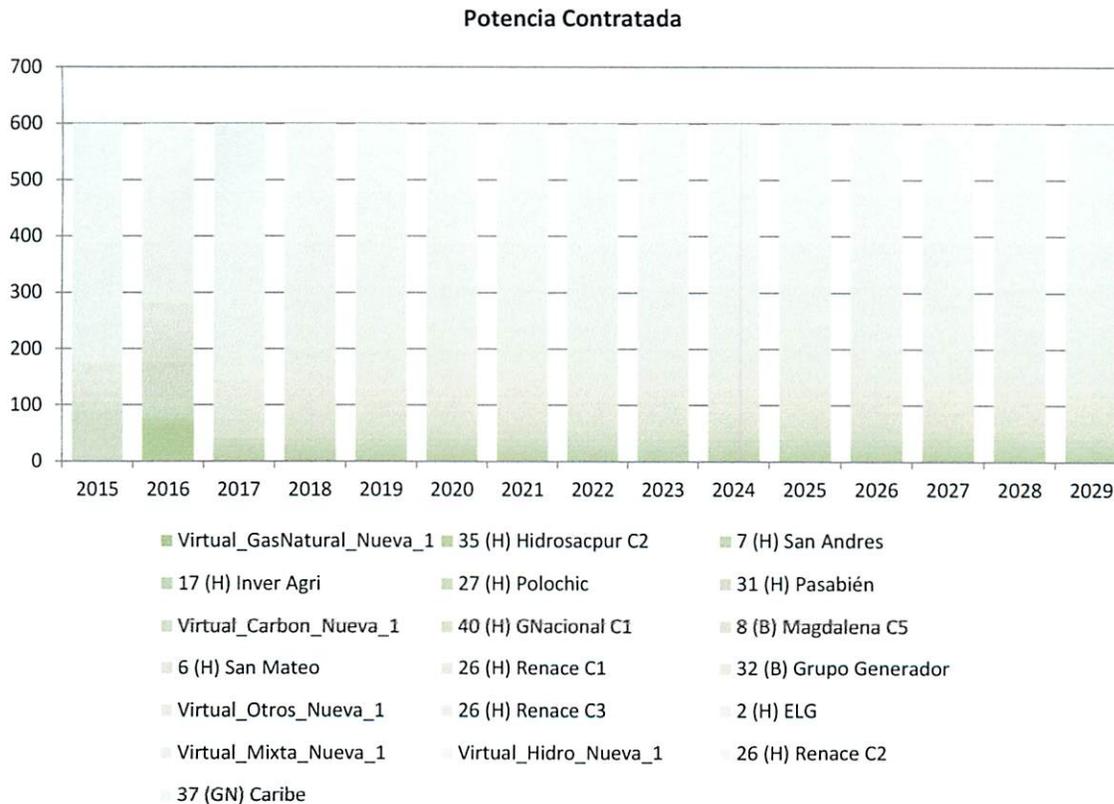
- | | | |
|-----------------------------|-------------------------------|-----------------------------|
| ■ 11 (GDR) El Prado | ■ 12 (GDR) Serv en Generación | ■ 10 (GDR) Las Victorias C1 |
| ■ 10 (GDR) Las Victorias C2 | ■ 23 (GDR) Regional C1 | ■ 19 (GDR) El Cedro C3 |
| ■ 19 (GDR) El Cedro C2 | ■ 21 (GDR) Maxanal | ■ 19 (GDR) El Cedro C1 |
| ■ 33 (GDR) Sol del Campo | ■ 40 (GDR) GNacional C2 | ■ 5 (GDR) San Luis |
| ■ 14 (GDR) Samuc | ■ 22 (S) Sibó | ■ 13 (GDR) Oscana |
| ■ 20 (GDR) Coralito | ■ 23 (GDR) Regional C2 | ■ 29 (GDR) Proyectos |
| ■ 35 (GDR) Hidrosacpur C1 | ■ 40 (GDR) GNacional C3 | ■ 4 (GDR) AGEN |
| ■ 35 (H) Hidrosacpur C2 | ■ 34 (GDR) Arimany | ■ 7 (H) San Andres |
| ■ 27 (H) Polochic | ■ 31 (H) Pasabién | ■ 36 (E) Viento Blanco |
| ■ 17 (H) Inver Agri | ■ Virtual_Otros_Nueva_1 | ■ 42 (S) Rainbow |
| ■ 26 (H) Renace C1 | ■ 3 (E) TRESA C1 | ■ 40 (H) GNacional C1 |
| ■ 39 (E) San Antonio | ■ 6 (H) San Mateo | ■ 32 (B) Grupo Generador |
| ■ Virtual_Mixta_Nueva_1 | ■ 8 (B) Magdalena C5 | ■ Virtual_Hidro_Nueva_1 |
| ■ 26 (H) Renace C3 | ■ 2 (H) ELG | ■ 26 (H) Renace C2 |
| ■ 37 (GN) Caribe | | |

En el siguiente gráfico, se muestra cómo es cubierta la demanda para un determinado mes. Se toma como ejemplo al mes de mayo.



7.2 Potencia contratada (PG)

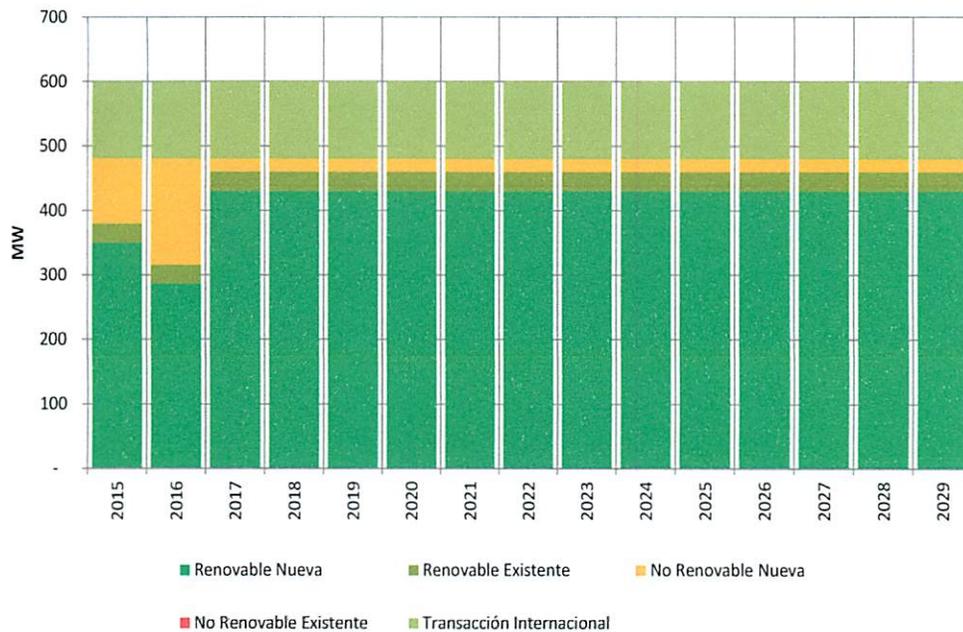
En el siguiente gráfico, se muestra la potencia contratada por oferente:



Oferente	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	Promedio
Virtual_GasNatural_Nueva_1	-	64	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4
35 (H) Hidrosacpur C2	-	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
7 (H) San Andres	-	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	6
17 (H) Inver Agri	-	-	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	7
27 (H) Polochic	-	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	9
31 (H) Pasabién	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Virtual_Carbon_Nueva_1	80	80	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11
40 (H) GNacional C1	-	-	-	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	11
8 (B) Magdalena C5	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
6 (H) San Mateo	-	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	17
26 (H) Renace C1	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
32 (B) Grupo Generador	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Virtual_Otros_Nueva_1	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
26 (H) Renace C3	-	-	-	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	32
2 (H) ELG	-	-	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	36
Virtual_Mixta_Nueva_1	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70
Virtual_Hidro_Nueva_1	144	39	133	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79	84
26 (H) Renace C2	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90
37 (GN) Caribe	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120
Total	600															

A continuación, se presenta la contratación por tipo de recurso:

Potencia contratada por recurso y estado



Oferente	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029
Renovable Nueva	350	286	430	430	430	430	430	430	430	430	430	430	430	430	430
Renovable Existente	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
No Renovable Nueva	100	164	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
No Renovable Existente	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Transacción Internacional	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120
Total	600														



Tristan Alfredo Garcia Boll
Consultor Senior Quantum América Corp.